

Diskussionspapier Nr. 59

**Externe Kosten des Luftverkehrs -  
Ein Überblick über den aktuellen Stand der  
Diskussion**

Ninja M. Lehnert

April 2008

Institut für Volkswirtschaftslehre

Ehrenbergstraße 29

Ernst-Abbe-Zentrum

D-98 684 Ilmenau

Telefon 03677/69-4030/-4032

Fax 03677/69-4203

<http://www.wirtschaft.tu-ilmenau.de>

ISSN 0949-3859



## **Inhaltsverzeichnis**

Seite

<b>Darstellungsverzeichnis .....</b>	<b>III</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>IV</b>
<b>Symbolverzeichnis.....</b>	<b>IV</b>
<b>1 Problemstellung und Überblick .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Luftverkehrsbedingte Umweltbelastungen und externe Kosten .....</b>	<b>2</b>
2.1 Einflüsse auf die Umweltmedien .....	2
2.2 Möglichkeiten der monetären Bewertung .....	6
<b>3 Darstellung und Beurteilung umweltökonomisch bedeutsamer externer Kosten</b>	<b>10</b>
3.1 Klimakosten .....	10
3.1.2 Klimarelevante Emission von Treibhausgasen .....	10
3.1.2 Monetäre Bewertung von Klimakosten .....	12
3.2 Luftverschmutzungskosten .....	16
3.2.1 Schadstoffemissionen im bodennahen Bereich .....	16
3.2.2 Monetäre Bewertung von Luftverschmutzungskosten .....	18
3.3 Lärmkosten .....	22
3.3.1 Beeinträchtigungen durch Lärm.....	22
3.3.2 Monetäre Bewertung von Lärmkosten.....	23
3.4 Entwicklungstendenzen durch technischen Fortschritt .....	26
<b>6 Zusammenfassung.....</b>	<b>28</b>

<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>32</b>
<b>Quellenverzeichnis .....</b>	<b>38</b>
<b>Anhang.....</b>	<b>39</b>

## **Darstellungsverzeichnis**

<b>Darstellung 1:</b> Luftverkehrsbedingte Umweltbelastungen .....	4
<b>Darstellung 2:</b> Wirkungspfadansatz.....	19
<b>Darstellung 3:</b> Lärmbelastung und Zahlungsbereitschaften .....	25

## **Abkürzungsverzeichnis**

CDA	Continuous Descent Approach
ICAO	International Civil Aviation Organisation
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
LTO	Landing/Take-off
MTOM	Maximum Take-off Mass
TREMOT	Transport Emission Model
UBA	Umweltbundesamt
VLYL	Value of Life Years Lost

## **Symbolverzeichnis**

CH <sub>4</sub>	Methan
CO	Kohlenmonoxid
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
H <sub>2</sub> O	Wasserdampf
HC	Kohlenwasserstoffe
N <sub>2</sub> O	Distickstoffoxid
NO <sub>x</sub>	Stickoxide
O <sub>3</sub>	Ozon
Pkm	Personenkilometer
SO <sub>2</sub>	Schwefeldioxid
Tkm	Tonnenkilometer

## 1 Problemstellung und Überblick

Der Bericht „Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change“ des Weltklimarates (IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change) über mögliche Folgen eines bevorstehenden Klimawandels sorgte für öffentliches Aufsehen, aus dem sich eine rege Debatte um den Klimawandel entwickelt hat.<sup>1</sup> Vor diesem Hintergrund steht auch der Luftverkehr wegen seiner klimawirksamen Treibhausgasemissionen in Kritik. Er wurde bereits früher als „Klimakiller“<sup>2</sup> bezeichnet. Der Weltklimarat beziffert den derzeitigen Beitrag des Luftverkehrs zum globalen Treibhauseffekt mit 3 %, wobei allerdings eingeräumt wird, dass wegen bestehender Unsicherheiten ein Beitrag von 2 bis 8 % möglich sei.<sup>3</sup> Andere Einschätzungen liegen bei 9 %.<sup>4</sup> Trotzdem steigt die Nachfrage nach Luftverkehrsleistungen, wie die Entwicklung der Fluggastzahlen zeigt.<sup>5</sup>

Der Luftverkehr ist noch mit weiteren Problemen für die Umwelt verbunden, die der Vorteilhaftigkeit des Mobilitätsaspektes entgegenstehen. Dies wird von Anbietern und Nachfragern der Luftverkehrsleistungen oft nicht berücksichtigt, woraus im ökonomischen Sinn Kosten hervorgehen, die als extern bezeichnet werden. Im Rahmen dieses Aufsatzes werden die externen Kosten, die der Luftverkehr verursacht, und die Probleme bei der Beurteilung ihres ökonomischen Stellenwertes begutachtet. Die Umweltbelastungen des Luftverkehrs stellen wegen ihrer grenzüberschreitenden Wirkungen eine internationale Problematik dar. Handlungsrahmen für wirtschaftspolitische Gegenmaßnahmen bietet jedoch nur die Entscheidungsmacht der einzelnen Staaten, welche allenfalls kooperieren können. Studien zu externen Luftverkehrskosten sind auf bestimmte Länder oder Ländergruppen begrenzt.<sup>6</sup> Im Folgenden werden im Wesentlichen aktuelle Studien herangezogen, die sich mit den externen Kosten des zivilen Luftverkehrs in Deutschland beschäftigen. Darüber hinaus lassen sich externe Kosten für den europäischen Raum darstellen.

---

<sup>1</sup> Siehe Bartsch (2007), T1.

<sup>2</sup> Siehe BUND et al. (2003), S. 1.

<sup>3</sup> Siehe IPCC (2007), S. 331.

<sup>4</sup> Siehe Brockhagen/Bals (2004), S. 2.

<sup>5</sup> Siehe Eurostat (2007), S. 2; auch IFEU (2005), S. 12.

<sup>6</sup> Diese Beschränkung erfolgt bei INFRAS (2007), INFRAS/IWW (2004), OECD (2003), Schmid et al. (2003) und UNITE (2002).

Bisher gab es noch keine einheitlich verwendeten Methoden zur Bestimmung von externen Kosten des Verkehrs. Als Beurteilungsmaßstab wird in dieser Arbeit eine Methodenkonvention des deutschen Umweltbundesamtes aus dem Jahr 2007 herangezogen, welche die aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisse erfasst.<sup>1</sup> Seit Kurzem kann auch auf eine Methodenkonvention, die im Rahmen der „IMPACT“-Studie im Auftrag der EU-Kommission entwickelt worden ist<sup>2</sup>, zurückgegriffen werden.

In Kapitel 2 wird zunächst aufgezeigt, in welcher Weise der Luftverkehr die Umwelt beeinflusst, so dass externe Kosten daraus hervorgehen und welche Möglichkeiten es gibt, sie monetär zu bewerten. Dies ist die Basis für die Darstellung und Beurteilung bestimmter externer Kosten des Luftverkehrs in Kapitel 3. Die bezüglich ihrer monetären Werte bedeutsamsten Kategorien externer Luftverkehrskosten bedürfen einer eingehenden Betrachtung, um die Tragweite ihrer Problematik erfassen zu können. Für die Abschätzung ihres Stellenwertes in der Zukunft werden Möglichkeiten zur Minderung der Umweltbelastungen durch technischen Fortschritt herangezogen. Eine abschließende Zusammenfassung der Ergebnisse erfolgt in Kapitel 4.

## **2 Luftverkehrsbedingte Umweltbelastungen und externe Kosten**

### **2.1 Einflüsse auf die Umweltmedien**

Im Idealfall eines vollkommen effizienten Marktes berücksichtigen die Marktteilnehmer alle durch sie entstehenden Kosten verursachergerecht und erhalten entsprechende Entgelte für jegliche Art von Nutzenstiftung.<sup>3</sup> Da Umweltgüter im Allgemeinen freizugänglich sind, können sie prinzipiell von allen Wirtschaftssubjekten in beliebiger Weise beansprucht werden. Es besteht die Gefahr der Überbeanspruchung von Umweltgütern und dadurch von Belastungen der Umwelt, wenn keine wirtschaftspolitischen Maßnahmen ergriffen werden, welche die Beanspruchung von Umweltgütern regulieren können. Solche Folgewirkungen der Umweltnutzung über das tragbare Niveau hinaus sind negative technologische externe Effekte. Nutzer von Umweltgütern müssen für die von ihnen verursachten Kosten in Form von Umweltbelastungen nicht aufkommen. Die durch diese negativen technologischen externen Effekte entstehenden externen Kosten

---

<sup>1</sup> Siehe UBA (2007), S. 11-14.

<sup>2</sup> Siehe CE Delft (2007), S. 1 f. und S. 6.

<sup>3</sup> Siehe Fritsch/Wein/Ewers (2003), S. 90.



müssen diejenigen tragen, die unmittelbar von den Umweltbelastungen negativ betroffen sind oder sie fallen der Gesellschaft als volkswirtschaftliche Zusatzkosten zur Last.<sup>1</sup>

In Verbindung mit dem Luftverkehr stehen Umweltbelastungen, die alle Umweltmedien, diese sind Luft, Wasser und Boden,<sup>2</sup> betreffen. Einige der Umweltbelastungen lassen sich als externe Effekte des Luftverkehrs identifizieren. Dafür werden die luftverkehrsbedingten umweltbelastenden Aktivitäten erfasst und Teilbereichen des Luftverkehrs zugeordnet. In Darstellung 1 werden diese Bereiche und ihre Belastungswirkungen auf die einzelnen Umweltmedien aufgelistet.

Der zentrale Bereich des Luftverkehrs ist die Nutzung der Verkehrsmittel, also die Nutzung von Flugzeugen. Es gibt Ausnahmefälle, bei denen die Umweltmedien anders belastet werden als beim regulären Flugzeugbetrieb. Im Bereich der Herstellung werden die Grundvoraussetzungen für die Flugzeugnutzung geschaffen. Die Produktion von Luftfahrzeugen, der Bau von Flughäfen als infrastrukturelle Komponente und die Herstellung von Kerosin als Betriebsmittel für Flugzeuge besitzen negative Auswirkungen auf die Umwelt. Unerwünschte Folgewirkungen können auch im Bereich der Entsorgung von Flugzeugen und Infrastruktur auftreten. Darüber hinaus induziert der Luftverkehr weitere Verkehrsströme (z. B. Fahrten zum Flughafen) und es treten Umweltschädigungen bei Nebenleistungen (z. B. Verpackungsabfälle im Rahmen der Bordverpflegung) auf.<sup>3</sup>

Bei dem Umweltmedium Luft wird zwischen Schadstoffen und Lärm unterschieden. Diese beiden Arten der Luftbelastung treten in den Bereichen Herstellung, Nutzung und bei den induzierten Verkehrsströmen auf. Schadstoffe werden größtenteils beim Verkehr von Flugzeugen und von anderen Fahrzeugen, die beispielsweise beim Bau der Infrastruktur zum Einsatz kommen, emittiert. Aber auch die Herstellung von Treibstoffen und die Produktion von Fahrzeugen verursachen Schadstoffe. Bei Verbrennungsprozessen im Rahmen der Treibstoffherstellung und des Fahrzeugbetriebs entstehen CO<sub>2</sub> (Kohlendioxid) und NO<sub>x</sub> (Stickoxide).<sup>4</sup>

---

<sup>1</sup> Siehe Cansier (1996), S. 24 f.

<sup>2</sup> Siehe Cansier (1996), S. 1.

<sup>3</sup> Siehe Fichert (1999), S. 16-21.

<sup>4</sup> Siehe Pompl (2007), S. 69.

## Darstellung 1: Luftverkehrsbedingte Umweltbelastungen

Bereiche	Umweltmedium			
	Luft		Boden	Wasser
	Schadstoffe	Lärm		
<b>Herstellung</b> von Fahrzeugen	Fabrikabgase	Triebwerksprobeläufe	Enteisen von Piste/Flugzeug	Enteisen von Piste/Flugzeug
Infrastruktur	Emissionen von Baufahrzeugen	Baulärm	Bodenversiegelung bei Flughafenausbau	
Betriebsmitteln	CO <sub>2</sub> bei Treibstoffherstellung			
<b>Nutzung</b> der Verkehrsmittel				
regulär	CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub>	Fluglärm	Reifenabrieb	
Ausnahmefälle	Wasserdampf fuel-dumping, Abstürze		fuel-dumping, Abstürze	
<b>Entsorgung</b> von Fahrzeugen			Deponiebelastung	
Infrastruktur			Deponiebelastung	
<b>Induzierte Verkehrsströme</b>	CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> z. B. durch KFZ-Verkehr	Lärm z. B. durch KFZ-Verkehr		
<b>Nebenleistungen</b>			Deponiebelastungen z. B. durch Verpackungen	

Quelle: Fichert (1999), S. 20.

Das sogenannte fuel-dumping im Bereich der Nutzung wird nur in seltenen Fällen durchgeführt. Es kann vorkommen, dass ein vollbetanktes Flugzeug vor der Landung Treibstoff ablassen muss, um das höchstzulässige Landegewicht zu erreichen. Bei diesem Vorgang wird der Treibstoff nebelartig in der Luft verspritzt und sinkt dann zu Boden. Dort ist der Treibstoff allerdings nicht mehr nachweisbar, weshalb das fuel-dumping als eine geringe Umweltbelastung angesehen wird.<sup>1</sup>

Umweltbelastungen durch Lärm treten hauptsächlich im Bereich der Nutzung durch Fluglärm auf, können jedoch auch im Bereich der Herstellung, z. B. durch Baulärm oder bei Triebwerksprobeläufen sowie bei den induzierten Verkehrsströmen, z. B. durch Kraftfahrzeuge, vorkommen.

<sup>1</sup> Siehe Armbruster (1996), S. 123-125; ähnlich Lufthansa (2007), S. 92.

Während das Umweltmedium Wasser kaum belastet wird, können Bodenbelastungen in fast allen Bereichen des Luftverkehrs entstehen. Der Bau von Flughäfen hat die Umnutzung von Wäldern und agrarisch genutzten Flächen in Flugplätze sowie Bodenversiegelungen zur Folge. Bodenbelastungen in den Bereichen Entsorgung und Nebenleistungen entstehen in Form von Deponiebelastungen.

Die aufgeführten Umweltbelastungen sind zwar durch den Luftverkehr bedingt, stellen allerdings nicht alle externe Kosten des Luftverkehrs in spezifischer Weise dar. Verpackungsabfälle im Rahmen der Bordverpflegung können grundsätzlich Kostenbestandteile externer Art besitzen.<sup>1</sup> Verpackungsabfälle entstehen ebenso in anderen Bereichen, wie beispielsweise bei der Bordverpflegung im Schienenverkehr. Auch Umweltbelastungen durch induzierte Verkehrsströme, wie dem Kfz-Verkehr, sind keine spezifischen externen Kosten des Luftverkehrs, sondern werden vom Kfz-Verkehr verursacht. Da externe Kosten dem Verursacher zugeordnet werden müssen, gehören solche Umweltbelastungen nicht zu den externen Kosten des Luftverkehrs.<sup>2</sup> Der Luftverkehr verursacht externe Kosten somit nur bei der Flugzeugnutzung als zentralem Bereich des Luftverkehrs sowie in den Bereichen Herstellung und Entsorgung.

Selbst, wenn sämtliche Kosten inklusive der externen Kosten vom Verursacher berücksichtigt werden würden, bliebe ein erhebliches Maß an Schädigungen bestehen. Die vollständige Vermeidung von negativen technologischen externen Effekten würde bedeuten, dass jegliche Güter, bei deren Produktion externe Kosten entstehen, nicht mehr hergestellt würden.<sup>3</sup> Als Alternative hierzu und als sinnvolles Ziel gilt, zumindest in theoretischer Hinsicht, die sogenannte optimale Umweltqualität. Das heißt, dass Umweltbelastungen in Kauf genommen werden, um nutzenstiftende wirtschaftliche Aktivitäten mit negativen Folgewirkungen nicht vollkommen unterbinden zu müssen.<sup>4</sup> Es gibt die Möglichkeit, die verursachten Schädigungen zu verringern, indem Maßnahmen für den Umweltschutz durchgeführt werden, die mit Kosten verbunden sind.<sup>5</sup> Hierbei

---

<sup>1</sup> Siehe EU-Kommission (2004), S. 11 f.

<sup>2</sup> Zur Anlastung der externen Kosten an den Verursacher siehe z. B. Fritsch/Wein/Ewers (2003), S. 94-98; ähnlich Hartwig (2003), S. 141 f.

<sup>3</sup> Siehe Ewers (1995), S. 217 f.

<sup>4</sup> Zum Konzept der optimalen Umweltqualität siehe z. B. Fritsch/Wein/Ewers (2003), S. 98-101; ähnlich Hartwig (2003), S. 141 f.

<sup>5</sup> Siehe Hartwig (2003), S. 141.

wird unterstellt, dass die Grenzkosten der Schadensvermeidung mit dem Ausmaß der reduzierten Schädigung überproportional ansteigen.<sup>1</sup> Theoretisch optimal ist das Schädigungsausmaß, bei dem sich die Grenzkosten der Schadensvermeidung (die Kosten der letzten Einheit vermiedener Schäden) und der Grenzscha­den (letzte erzeugte Schadenseinheit) entsprechen. Durch die Erreichung des optimalen Ausmaßes der Schädigung wird im umweltökonomischen Sinn die optimale Umweltqualität hergestellt.<sup>2</sup> Eine Übertragbarkeit des Konzepts der optimalen Umweltqualität auf Umweltprobleme in der Realität ist jedoch nur begrenzt möglich. Hierzu müssten alle Kosten bzw. Grenzkosten der Schadensvermeidung exakt erfassbar sein und ihr Wert müsste korrekt und einheitlich bestimmbar sein. Gleiches gilt für die Schadenswirkung der negativen externen Effekte.<sup>3</sup> Erst dann könnten Schlüsse über das notwendige Ausmaß wirtschaftspolitischer Maßnahmen gezogen werden.<sup>4</sup>

## **2.2 Möglichkeiten der monetären Bewertung**

Die Monetarisierung macht eine Umrechnung externer Effekte in externe Kosten möglich. Dadurch können Belastungen der Umwelt oder Beeinträchtigungen der Gesundheit einheitliche Bewertungsmaßstäbe in Form von Geldeinheiten zu Grunde gelegt werden.<sup>5</sup> Bei der Monetarisierung können unsichere Einflussfaktoren vorliegen, so dass Ergebnisse nur eingeschränkt interpretiert werden können.<sup>6</sup> Es gibt zudem Güter, deren Bewertung in Geldeinheiten mit Schwierigkeiten verbunden ist und ein monetärer Gegenwert nicht eindeutig bestimmt werden kann, da sie vielmehr einen ethischen als einen ökonomischen Wert besitzen.<sup>7</sup> Beispielsweise ist die Bemessung von Schadenskosten dann problematisch, wenn dazu Gesundheitsbeeinträchtigungen, Lebensrisiken oder Bedrohungen der Artenvielfalt monetär bewertet werden sollen. Eine vollständige Erfassung aller Schadenskosten ist nicht immer möglich.<sup>8</sup> Die Ein- und Auswirkungen

---

<sup>1</sup> Ausgehend von einer Situation ohne Schadensvermeidungsaktivitäten ist es sehr einfach, Maßnahmen zur Schadensvermeidung zu treffen. Mit jeder weiteren Maßnahme wird es schwieriger und somit kostenaufwendiger, das Ausmaß der Schädigungen zu verringern. Siehe hierzu Fritsch/Wein/Ewers (2003), S. 98; ähnlich Cansier (1996), S. 14.

<sup>2</sup> Siehe Hartwig (2003), S. 141.

<sup>3</sup> Siehe Endres (2007), S. 32 f.

<sup>4</sup> Siehe Cansier (1996), S. 78.

<sup>5</sup> Siehe Schmid et al. (2003), S. 11 f.

<sup>6</sup> Siehe Rommerskirchen (1995), S. 149 f.

<sup>7</sup> Siehe Cansier (1996), S. 81.

<sup>8</sup> Siehe Fritsch/Wein/Ewers (2003), S. 158.

sämtlicher komplexer Marktaktivitäten können im Gegensatz zu einem funktionierenden Preismechanismus angesichts bestehender Unsicherheiten nicht ausnahmslos berücksichtigt werden. Trotzdem sollte deswegen nicht auf eine Monetarisierung verzichtet werden.<sup>1</sup> Für Umweltgüter existieren keine Marktpreise, sondern nur Wertschätzungen subjektiver Art. Die Monetarisierung kann dazu beitragen, individuelle Präferenzen und Nutzenempfindungen in objektiver Weise auszudrücken und ermöglicht zumindest eine annähernd marktäquivalente Bewertung.<sup>2</sup>

Um die Höhe der externen Kosten zu bestimmen, müssen die Kosten von Umweltschäden erfasst werden, die durch negative externe Effekte entstanden sind. Es gibt auch Schadenskosten, die von den Verursachern berücksichtigt werden und somit nicht zu den externen Kosten zählen.<sup>3</sup> Wenn die externen Schadenskosten nicht erfassbar sind, weil zu viele Unsicherheitsfaktoren existieren, müssen ersatzweise Vermeidungskosten herangezogen werden. Vermeidungskosten fallen an, wenn die Umweltnutzung derart ausgestaltet wird, dass von vornherein weniger Schädigungswirkungen auftreten. Sie können geringer oder höher als die Schadenskosten sein und sollten deshalb nur ersatzweise zur Abschätzung von externen Kosten verwendet werden. Falls Vermeidungskosten eingesetzt werden, weil beispielsweise das Ausmaß von negativen Umweltauswirkungen unbekannt ist, ist zu berücksichtigen, dass sie externe Kosten nur unzureichend widerspiegeln, da Vermeidungsaktivitäten die Entstehung von externen Kosten vermindern. Vor der Verwendung von Vermeidungskosten sollten zumindest Umweltqualitätsziele feststehen, bei denen eine Übereinstimmung der Grenzscha den mit den Grenzkosten der Schadensvermeidung unterstellt wird.<sup>4</sup>

Die Erfassung externer Kosten erfolgt, wenn möglich, anhand von Schadenskosten. Da externe Kosten unterschiedliche Arten von Schäden verursachen, werden sie dementsprechend in Kategorien unterteilt.<sup>5</sup> Verschiedene Studien zur Schätzung externer Kosten nehmen im Wesentlichen eine Unterteilung in fünf Kostenkategorien vor:

---

<sup>1</sup> Siehe Eckey/Stock (2000), S. 67.

<sup>2</sup> Siehe Cansier (1996), S. 78-80.

<sup>3</sup> Siehe UBA (2007), S. 10.

<sup>4</sup> Siehe Schmid et al. (2003), S. 19 f.

<sup>5</sup> Siehe Schmid et al. (2003), S. 18.

Klimakosten, Kosten der Luftverschmutzung, Lärmkosten, Unfallkosten sowie Kosten für Natur und Landschaft.<sup>1</sup>

Aus der Beeinträchtigung der Luft lassen sich zwei Kategorien ableiten. Zum einen sind dies die Klimakosten und zum anderen die Kosten der Luftverschmutzung. Die Emission von Schadstoffen führt vor allem im Nahbereich von Flughäfen zur Luftverschmutzung.<sup>2</sup> Die Bestandteile der Kosten der Luftverschmutzung sind Schadenskosten durch Ernteverluste, Materialkosten für schadensbedingte Reparaturen an Gebäuden und Infrastruktur sowie Kosten für die menschliche Gesundheit.<sup>3</sup> Klimakosten sind die Kosten des Klimawandels. Sie werden im Luftverkehr durch den Ausstoß von Treibhausgasen verursacht und besitzen eine globale Schadenswirkung. Da Klimaschäden als Folge von Treibhausgasemissionen wegen unzureichend gesicherten Informationen nicht genau beziffert werden können, wird neben Schadenskosten auch auf Vermeidungskosten zurückgegriffen.<sup>4</sup> Das Problem bei der Bewertung mit Vermeidungskosten ist, dass sich je nach unterstelltem Ziel über das notwendige Ausmaß der Verringerung von Treibhausgasemissionen große Unterschiede in der Höhe der Klimakosten ergeben.<sup>5</sup>

Die Kosten der Luftverschmutzung und die Klimakosten resultieren hauptsächlich aus der Nutzung von Flugzeugen. Allerdings werden darüber hinaus bei der Treibstoffherstellung sowohl klimarelevante Stoffe als auch Luftschadstoffe emittiert, weshalb beide Kostenkategorien die daraus resultierenden Schäden jeweils mit einbeziehen könnten. Da die Treibstoffherstellung dem zentralen Bereich der Flugzeugnutzung vorgelagert ist, wäre eine Trennung nach Kostenkomponenten in Bezug auf die Bereiche Herstellung und Nutzung angebracht.<sup>6</sup> Es ist auch möglich, die Herstellungsbestandteile der Klimakosten und der Kosten der Luftverschmutzung als Kosten der Treibstoffherstellung im Rahmen einer weiteren Kostenkategorie anzugeben, welche die Kosten

---

<sup>1</sup> Diese Kostenkategorien verwenden INFRAS (2007), OECD (2003), Schmid et al. (2003) und UNITE (2002).

<sup>2</sup> Siehe Friedrich/Heinen (2003), S. 15.

<sup>3</sup> Siehe INFRAS (2007), S. 13; ebenso Schmid et al. (2003), S. 18 und OECD (2003), S. 19-22.

<sup>4</sup> Siehe Schmid et al. (2003), S. 18.

<sup>5</sup> Siehe INFRAS (2007), S. 42.

<sup>6</sup> So eine Trennung wird vorgenommen bei Schmid; siehe Schmid (2005), S. 145.

der vor- und nachgelagerten Bereiche der Herstellung und der Entsorgung zusammenfasst.<sup>1</sup>

Wenn Anwohner von Flughäfen Beeinträchtigungen durch Lärm hinnehmen müssen, entstehen dadurch Lärmkosten. Die Schallemission der Flugzeugnutzung ist die wesentliche Lärmquelle, wobei eine Vermischung mit anderen Lärmarten möglich ist.<sup>2</sup> Die Hauptschadenskomponente der Lärmkosten ist die menschliche Gesundheit.<sup>3</sup> Zu den Schäden durch Lärmbeeinträchtigungen gehören jedoch auch Lärmbelästigungen, die zwar keine gesundheitlichen Folgewirkungen hervorrufen, aber dennoch zu erheblichen Nutzeneinbußen führen können.<sup>4</sup>

Gesundheitskosten sind extern, wenn ein Geschädigter Produktivitäts-, Einkommens- oder Nutzenverluste hinnehmen muss, weil z. B. seine Leistungsfähigkeit eingeschränkt worden ist. Während Produktivitäts- und Einkommensverluste mit indirekten Methoden über Marktpreise eingeschätzt werden können, spielt bei der Bewertung von Nutzenverlusten die Problematik der Ökonomisierung ethischer Werte eine Rolle.<sup>5</sup> Insbesondere ist die Bewertung von Verlusten menschlicher Lebenszeit umstritten.<sup>6</sup> Schadenskosten aufgrund von Gesundheitsbeeinträchtigungen stellen allerdings nicht immer externe Kosten dar. Sie gelten als internalisiert, wenn medizinische Kosten für die Behandlung einer Krankheit über Versicherungen abgedeckt sind.<sup>7</sup>

Für die Kostenkategorie Unfallkosten ist die menschliche Gesundheit der einzige Schadensfaktor. Unfälle besitzen beim Luftverkehr einen sehr geringen Stellenwert. Dies wird deutlich, wenn die Unfallzahlen denen des Straßenverkehrs und denen des Schienenverkehrs gegenübergestellt werden. Im Luftverkehr gab es 2005 in Deutschland 58 Unfälle mit Personenschaden, im Straßenverkehr 336.619 und im Schienenverkehr 569.<sup>8</sup>

---

<sup>1</sup> Dieser Vorgehensweise folgt INFRAS; siehe INFRAS (2007), S. 73-75.

<sup>2</sup> Siehe Armbruster (1996), S. 74 f.

<sup>3</sup> Siehe Schmid et al. (2003), S. 18; ähnlich INFRAS (2007), S. 13 und OECD (2003), S. 18.

<sup>4</sup> Siehe INFRAS (2007), S. 39.

<sup>5</sup> Hierzu und zu weitergehenden Erläuterungen siehe UBA (2007), S. 70-75.

<sup>6</sup> Siehe Schmid (2005), S. 35 f.

<sup>7</sup> Siehe Schmid et al. (2003), S. 18.

<sup>8</sup> Siehe Destatis (2006), S. 302.

Mit Kosten für Natur und Landschaft sind diejenigen Kosten gemeint, die aus der Flächeninanspruchnahme durch Flugplätze resultieren. Es kommt zu Trennwirkungen für Siedlungen und Kulturflächen sowie zu Bodenversiegelungen mit negativen Folgewirkungen für Flora, Fauna und für die Qualität des Grundwassers.<sup>1</sup> Geeignete Schadenskosten als Bewertungsäquivalent sind hier die Reparaturkosten.<sup>2</sup>

Der monetäre Stellenwert der Unfallkosten und der Kosten für Natur und Landschaft ist beim Luftverkehr relativ gering.<sup>3</sup> Deswegen beschränkt sich die folgende Betrachtung auf die Klimakosten, die Kosten der Luftverschmutzung und die Lärmkosten.

### **3 Darstellung und Beurteilung umweltökonomisch bedeutsamer externer Kosten**

#### **3.1 Klimakosten**

##### **3.1.2 Klimarelevante Emission von Treibhausgasen**

In der Natur kommen Treibhausgase in sehr geringen Mengen vor, die für die Regulation des Klimas sorgen. Dies wird als natürlicher Treibhauseffekt bezeichnet. Er entsteht durch die Konzentration von Wasserdampf (H<sub>2</sub>O), Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Ozon (O<sub>3</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>) und Distickstoffoxid (N<sub>2</sub>O) in der Atmosphäre. Die Erhöhung der Konzentration an Treibhausgasen durch Emissionen führt dazu, dass der natürliche Treibhauseffekt verstärkt wird und es zu einer Erwärmung der Atmosphäre kommt. Dies wird als anthropogener, also durch den Menschen verursachter Klimawandel bezeichnet.<sup>4</sup>

Im Luftverkehr kommt es bei der Verbrennung des Treibstoffs Kerosin zur Entstehung und Emission von Treibhausgasen, die besonders intensiv zur Verstärkung des Treibhauseffekts beitragen. Dies ist darin begründet, dass Flugzeuge ihre Verbrennungsprodukte während des Fluges unmittelbar in großer Höhe und im Gegensatz zu anderen Verkehrsträgern nicht ausschließlich bodennah ablassen, was die Treibhauswirkung beschleunigt.<sup>5</sup>

---

<sup>1</sup> Siehe Aberle (2003), S. 582.

<sup>2</sup> Siehe INFRAS (2007), S. 70.

<sup>3</sup> Siehe UNITE (2002), S. 173.

<sup>4</sup> Siehe Loske (1996), S. 39-41; ähnlich Armbruster (1996), S. 136-138.

<sup>5</sup> Siehe Armbruster (1996), S. 138.



Den weitaus größten Anteil der Treibhausgasemissionen bildet Kohlendioxid. Außerdem werden im Wesentlichen Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ) und Wasserdampf emittiert. In geringem Maße kommen Ruß- und Salzpartikel dazu, die keine Treibhausgase sind, aber trotzdem auf das Klima wirken können, weil sie die Wolkenbildung fördern. Der Ausstoß von Kohlendioxid als Treibhausgas verstärkt den Treibhauseffekt unmittelbar. Stickoxide sind zwar keine Treibhausgase, aber die Emission von Stickoxiden führt zur Bildung von Ozon und zum Abbau von Methan. Während die Bildung von Ozon den natürlichen Treibhauseffekt verstärkt, stört der Abbau von Methan den natürlichen Treibhauseffekt insofern, dass er eine abkühlende Klimawirkung hat. Die Emission von Wasserdampf hat als Treibhausgas wiederum eine wärmende Wirkung. Wasserdampf ist auch für die Entstehung von Kondensstreifen verantwortlich, aus denen Zirkuswolken folgen können.<sup>1</sup>

Die stärksten Klimawirkungen gehen von Kohlendioxid und Stickoxiden aus. Es wird angenommen, dass  $\text{CO}_2$ -Emissionen des Luftverkehrs eine um das 2,5-fache höhere Wirkung besitzen als dieselben Emissionen im bodennahen Bereich.<sup>2</sup> In großer Höhe ab ca. 10.000 m fördern Stickoxide zwar nicht mehr den Treibhauseffekt, aber sie beeinflussen trotzdem das Klima, weil sie für den Abbau der Ozonschicht mitverantwortlich sind.<sup>3</sup> Unsicherheiten bestehen derzeit noch bezüglich der Auswirkungen von Kondensstreifen und Zirkuswolken, wobei allerdings angenommen wird, dass diese gering sind und in der Vergangenheit überschätzt wurden.<sup>4</sup>

Die Menge der Emissionen hängt von der Länge der jeweiligen Flugstrecke und von den genutzten Flugzeugtypen ab.<sup>5</sup> Für die Bewertung von Klimakosten werden Emissionsdaten beim Reiseflug benötigt, die von denen des bodennahen Fluges beim Starten und Landen verschieden sind.<sup>6</sup> Eine Datenbank der International Civil Aviation Organisation (ICAO) erfasst die Emissionsdaten nach Flugzeugtypen und den jeweils eingesetzten Triebwerken. Die dort zu findenden Angaben sind jedoch als Untergrenze

---

<sup>1</sup> Siehe IPCC (1999), S. 6-8.

<sup>2</sup> Siehe INFRAS (2007), S. 68.

<sup>3</sup> Siehe Armbruster (1996), S. 156-159.

<sup>4</sup> Siehe IPCC (2007), S. 355; auch Schumann (2007), S. 21.

<sup>5</sup> Siehe Dings et al. (2003), S. 45-48.

<sup>6</sup> Siehe Brosthaus et al. (2001), S. 37 f.

zu interpretieren, weil sie lediglich auf Herstelleraussagen beruhen, deren Messungen zu den Emissionsmengen auf Testläufen basieren.<sup>1</sup>

Eine aktuelle Studie des Forschungsinstitutes INFRAS schätzt die externen Kosten des Luftverkehrs in Bezug auf Deutschland und greift auf eine andere Quelle zurück. Auf Grundlage der Datenbank TREMOD (Transport Emission Model) des IFEU-Instituts und Daten zur Verkehrsleistung im deutschen Luftverkehr ergeben sich für das mengenmäßig bedeutsamste Treibhausgas, allerdings ohne Einbezug der verstärkten Treibhauswirkung, CO<sub>2</sub>-Emissionen in Höhe von 174,8 g pro Personenkilometer (Pkm) und 1.270,6 g pro Tonnenkilometer (Tkm).<sup>2</sup> Im Jahr 2000 betrugen die CO<sub>2</sub>-Emissionen des deutschen Luftverkehrs bei einer Verkehrsleistung von 146.331 Mio. Pkm und 3.553,8 Mio. Tkm insgesamt 34.255.146 t.<sup>3</sup> Auf Grundlage der Emissionsmengen kann die monetäre Bewertung erfolgen.

### **3.1.2 Monetäre Bewertung von Klimakosten**

Die Unterschiede der Treibhausgase bezüglich ihrer Klimawirksamkeit werden miteinander vergleichbar gemacht, indem Äquivalenzfaktoren zu Kohlendioxid gebildet werden. Den Emissionen in Form von diesen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten können dann monetäre Werte zugeordnet werden, die entweder Schadenskosten als Geldwerte pro schädigender Mengeneinheit CO<sub>2</sub>-Äquivalent oder Vermeidungskosten als Geldwerte pro vermiedener Mengeneinheit CO<sub>2</sub>-Äquivalent abbilden.<sup>4</sup>

Die CO<sub>2</sub>-Äquivalenzfaktoren stehen für das sogenannte Global Warming Potential (Treibhauspotenzial) der jeweiligen Treibhausgase, wobei Kohlendioxid mit dem Faktor 1 den Referenzwert darstellt, zu dem andere Treibhausgase ins Verhältnis gesetzt werden. Bei einer angenommenen Erwärmungswirkung über einen Zeitraum von 100

---

<sup>1</sup> Siehe Schmid (2005), S. 20.

<sup>2</sup> Siehe INFRAS (2007), S. 53 und S. 56 f.; die Angaben in Pkm und Tkm beziehen sich auf beförderte Personen bzw. Gütertonnen, deren Anzahl mit der geflogenen Streckenlänge multipliziert wird.

<sup>3</sup> Siehe INFRAS/IWW (2004), S. 127-131.

<sup>4</sup> Siehe Schmid (2005), S. 39-41.

Jahren gilt beispielsweise für Methan der Faktor 23. Es bestehen Unsicherheiten in Höhe von +/- 35 % in Bezug auf die Verhältnisse zum Referenzfaktor.<sup>1</sup>

Die CO<sub>2</sub>-Äquivalente werden trotz der bestehenden Unsicherheiten verwendet.<sup>2</sup> Um die CO<sub>2</sub>-Äquivalente einsetzen zu können, müssen die Informationen über die je nach Flugzeugtyp unterschiedlichen Emissionsmengen auf die eingesetzten Flugzeuge und ihren geflogenen Streckenlängen ausgehend von der jeweilig betrachteten Region, z. B. Deutschland, bezogen werden. Sobald die Menge an CO<sub>2</sub>-Äquivalenten bestimmt worden ist, kann die monetäre Bewertung vorgenommen werden, indem jeder Tonne CO<sub>2</sub>-Äquivalent ein bestimmter Kostensatz zugeordnet wird.

Bei der Schadenskostenerfassung müssen vorerst die Schadenswirkungen abgeschätzt werden. Diese beruhen auf Erwartungen bezüglich Art, Ausmaß und Zeitpunkt der Schäden als Folge des Klimawandels, die allerdings nur mit unzureichender Sicherheit absehbar sind. Neben der Abschätzung der physischen Auswirkungen des Klimawandels bestehen weitere erhebliche Bewertungsschwierigkeiten. Für zukünftige Schäden ist eine Abdiskontierung zum gegenwärtigen Zeitpunkt notwendig. Die Wahl der zu verwendenden Diskontraten beeinflusst den monetären Wert der Schadenshöhe maßgeblich. Ein anderes Problem ist die Abschätzung der Anpassungsfähigkeit von Gesellschaften an Klimaveränderungen. Klimaschäden können je nach herrschendem Einkommensniveau verhältnismäßig stärkere oder geringere Nutzeneinbußen hervorrufen. Deswegen können Zahlungsbereitschaften für Kompensationsmaßnahmen nicht nur unterschiedlich hoch sein, sondern müssen möglicherweise auch mit dem jeweiligen Einkommen der Befragten gewichtet werden.<sup>3</sup>

Wegen dieser Unsicherheitsfaktoren sind die Kostensätze, mit denen eine Tonne CO<sub>2</sub>-Äquivalent bewertet wird, nicht einheitlich. Schätzungen für Klimakostensätze liegen je nach Gestaltung der Annahmen zwischen 14 €/t und 300 €/t.<sup>4</sup>

---

<sup>1</sup> Siehe IPCC (2001), Abschnitt 6.12.2.

<sup>2</sup> So z. B. INFRAS (2007), Schmid (2005); siehe auch UBA (2007), S. 68.

<sup>3</sup> Siehe UBA (2007), S. 67 f.; ähnlich Schmid et al. (2003), S. 126.

<sup>4</sup> Hierzu und darüber hinaus auch zu wissenschaftlich nicht anerkannten Schätzungen mit einer Bandbreite zwischen 0 €/t und 1.600 €/t siehe Krewitt/Schlomann (2006), S. 17.

Das Problem, dass eine zumindest ansatzweise einheitliche Höhe der Schadenskostensätze nicht festzusetzen ist, führt dazu, dass stattdessen Vermeidungskosten zur Bewertung einer Tonne CO<sub>2</sub>-Äquivalent verwendet werden. Da das Schadensausmaß nicht bekannt ist, muss das Ziel der optimalen Umweltqualität, die in diesem Fall als optimale Menge an Emissionen von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten zu definieren ist, gesellschaftspolitisch vorgegeben sein.<sup>1</sup> Die Vorgaben zur Reduzierung der Treibhausgase im Kyoto-Protokoll gelten als Richtwerte. Das von Deutschland angestrebte Ziel, die Treibhausgasemissionen gegenüber 1990 zwischen 2008 und 2012 um 21 % zu reduzieren, lässt sich mit einem Kostensatz von 20 € beziffern.<sup>2</sup> Auf längere Sicht sind weitergehende Anstrengungen zur Treibhausgasreduktion vorgesehen, wodurch die Kostensatzbestimmung problematischer wird, weil Aufwendungen für Vermeidungsmaßnahmen mit zunehmender Verringerung des Emissionsniveaus ansteigen.<sup>3</sup>

In der Methodenkonvention des UBAs zur Schätzung externer Kosten wird eine Durchführung von Sensitivitätsrechnungen vorgeschlagen, bei denen, ausgehend von einem Basiswert in Höhe von 70 € pro Tonne CO<sub>2</sub>-Äquivalent, als unterer Sensitivitätswert 20 €/t und als oberer Sensitivitätswert 280 €/t eingesetzt werden sollen.<sup>4</sup> Die Höhe des Basiswertes von 70 €/t stimmt mit Empfehlungen aktueller Studien, die sich mit der optimalen Höhe von Kostensätzen für externe Klimakosten befassen, überein.<sup>5</sup> Als Klimakosten des Luftverkehrs ergeben sich unter Verwendung dieses Basiswertes nach der Studie von INFRAS insgesamt 253 Mio. € für den Betrachtungsraum Deutschland bezogen auf das Jahr 2005.<sup>6</sup> In einer Studie im Rahmen eines Projekts der Europäischen Union namens UNITE (Unification of accounts and marginal costs for Transport Efficiency) wird der Kostensatz für die Erreichung der Kyoto-Ziele der Periode 2008 bis 2012 von 20 €/t verwendet.<sup>7</sup> Trotz des geringeren Kostensatzes werden externe Klimakosten von 692 Mio. € errechnet.<sup>8</sup> Dieser starke Unterschied resultiert aus unterschiedlichen Abgrenzungen des Luftverkehrs. Während INFRAS lediglich den Binnenluftverkehr beachtet, berücksichtigt UNITE auch den grenzüberschreitenden

---

<sup>1</sup> Siehe Schmid et al. (2003), S. 126; auch Krewitt/Schlomann (2006), S. 19.

<sup>2</sup> Siehe UBA (2007), S. 68.

<sup>3</sup> Siehe S. 6 dieser Arbeit, Fußnote 1.

<sup>4</sup> Siehe UBA, S. 70.

<sup>5</sup> Siehe Krewitt/Schlomann (2006), S. 16-22; auch CE Delft (2007), S. 76 f. und UBA (2007), S. 69 f.

<sup>6</sup> Siehe INFRAS (2007), S. 17 und S. 43.

<sup>7</sup> Siehe UNITE (2002), S. 84.

<sup>8</sup> Siehe UNITE (2002), S. 173; die Studie ist aus dem Jahr 2002, weist allerdings Prognosewerte für das Jahr 2005 auf, weshalb sie von INFRAS als Vergleichsstudie verwendet wird.

Verkehr, der mit Abflügen oder Landungen auf deutschen Flughäfen verbunden ist.<sup>1</sup> Da externe Effekte nicht nur im Binnenverkehr, sondern ebenso im grenzüberschreitenden Verkehr auftreten, kann die Schätzung von INFRAS nur einen Teil der externen Kosten der Luftverschmutzung widerspiegeln. Der Binnenverkehr hatte 2005 einen Anteil von etwa 15 % am gesamten Personenverkehr und von ca. 3,5 % am gesamten Güterverkehr.<sup>2</sup>

Eine weitere Studie, die den grenzüberschreitenden Luftverkehr einbezieht, ist aus dem Jahr 2005. Schmid berechnet in seiner Studie die externen Kosten des Luftverkehrs für Deutschland, indem er Emissionen nach dem Standortprinzip heranzieht. Beim Standortprinzip werden alle Flüge, die im Inland starten, bis zum ersten Zielflughafen erfasst.<sup>3</sup> Allerdings wird auch hier ein Kostensatz von 20 € pro Tonne CO<sub>2</sub>-Äquivalent verwendet. Die Emissionen beziehen sich auf das Jahr 1998. Daraus ergeben sich externe Gesamtkosten in Höhe von 422 Mio. €, was bei einer Verkehrsleistung von 100.000 Mio. Pkm im Durchschnitt etwa 0,42 Cent/Pkm ergibt.<sup>4</sup> INFRAS unterscheidet zwischen Personen- und Güterverkehr. Dabei ergeben sich für das Jahr 2005 Werte von 2,58 Cent/Pkm und für den Güterverkehr 18,78 Cent/Tkm.<sup>5</sup>

Sowohl INFRAS als auch Schmid unterscheiden zwischen direkten und indirekten Emissionen. Die Klimakosten sind in der INFRAS-Studie nur auf die direkten Emissionen aus dem Bereich der Flugzeugnutzung zurückzuführen. Als indirekte Emissionen bezeichnet Schmid den Schadstoffausstoß bei der Treibstoffproduktion, während INFRAS unter dieser Bezeichnung Emissionen von Produktion, Transport und Bereitstellung des Treibstoffs führt. Die aus den direkten Emissionen resultierenden Kosten aus dem Bereich der Flugzeugnutzung betragen nach Schmid 384,7 Mio. €, was Durchschnittskosten in Höhe von 0,39 Cent/Pkm ergibt. Die Klimakosten für den Bereich der Treibstoffproduktion besitzen eine Höhe von 37,6 Mio. € und etwa 0,04 Cent/Pkm im Durchschnitt.<sup>6</sup>

---

<sup>1</sup> Siehe INFRAS (2007), S. 44; es ist auch möglich den grenzüberschreitenden Verkehr regional unabhängig anhand der Verkehrsleistungen von Inländern zu bemessen; siehe hierzu S. 16 dieser Arbeit.

<sup>2</sup> Dies ergibt sich aus den Angaben bei Eurostat (2007), S. 2 und S. 7.

<sup>3</sup> Siehe Schmid (2005), S. 145.

<sup>4</sup> Schmid nennt hier zwar den Begriff Personenkilometer, der Güterverkehr wird allerdings nicht ausgegrenzt; siehe Schmid (2005), S. 41 und S. 145; auch Anhang dieser Arbeit, S. 40.

<sup>5</sup> Siehe INFRAS (2007), S. 19; auch Anhang dieser Arbeit, S. 41; die Angaben werden für 1.000 Pkm und 1.000 Tkm gemacht.

<sup>6</sup> Siehe Schmid (2005), S. 20 und S. 145.

Schmid gibt auch externe Grenzkosten an, die durch ein zusätzlich eingesetztes Flugzeug entstehen, wobei allerdings nur die klimarelevanten Emissionen beim Start- und Landevorgang betrachtet werden. Sie liegen je nach Flugzeugtyp zwischen 19 € und 224 €. <sup>1</sup>

Nach Berechnungen für das Jahr 2000 lagen die Klimakosten für Europa bei knapp 80 Mrd. €. <sup>2</sup> Dieser Wert bezieht sich unter Verwendung des Inländerprinzips, bei dem die Verkehrsleistungen aller Einwohner erfasst werden, <sup>3</sup> auf die EU-17-Länder. Damit sind die damaligen 15 Mitgliedstaaten sowie die Schweiz und Norwegen gemeint. Im Durchschnitt ergeben sich 4,62 Cent/Pkm und 23,57 Cent/Tkm an Klimakosten. Allerdings ist hier ein sehr hoher Kostensatz von 140 €/CO<sub>2</sub>-Äquivalent verwendet worden. <sup>4</sup>

Die Schwierigkeiten bei der Bestimmung von Klimakosten resultierten vor allem daraus, dass die physischen Folgen des Klimawandels nicht eindeutig absehbar sind und somit auch die ökonomischen Auswirkungen nur unzureichend berechenbar sind. Die Schadenswirkung durch Luftverschmutzung kann, trotz einiger Schwierigkeiten, besser abgeschätzt werden.

## **3.2 Luftverschmutzungskosten**

### **3.2.1 Schadstoffemissionen im bodennahen Bereich**

Obwohl Flugzeuge im bodennahen Bereich die gleichen Emissionen hervorbringen wie beim Reiseflug, sind hierbei größtenteils andere Stoffe schadensrelevant. <sup>5</sup>

Im Gegensatz zu klimarelevanten Emissionen besitzen die Schadstoffemissionen keine globale Schadenswirkung. Luftverschmutzung tritt im Nahbereich von Flughäfen auf, der einen Umkreis von etwa 40 km zum Flughafen umfasst. Darüber hinaus können

---

<sup>1</sup> Es wurden ausgewählte Flugzeugtypen, die am Flughafen Frankfurt/Main starten und landen, betrachtet, wobei die höchsten Grenzkosten auch von den größten Flugzeugtypen, insb. der Serie B747, ausgingen. Siehe Schmid (2005), S. 98-101; auch Anhang dieser Arbeit, S. 43.

<sup>2</sup> Siehe INFRAS/IWW (2004), S. 72.

<sup>3</sup> Siehe Brosthaus et al. (2001), S. 18.

<sup>4</sup> Siehe INFRAS/IWW (2004), S. 9-12 und S. 123; auch Anhang dieser Arbeit, S. 42.

<sup>5</sup> Siehe Fichert (1999), S. 9 f.

Luftschadstoffe auch im überregionalen Raum Veränderungen der Luftqualität verursachen. Die Verbreitung von Luftschadstoffen hängt von meteorologischen Gegebenheiten ab und wird mit Hilfe von Simulationsmodellen berechnet. Nicht eindeutig zu klären ist die Frage, ab welcher Flughöhe der Schadstoffausstoß keine Verschlechterung der Luftqualität im Lebensraum der Menschen mehr hervorruft.<sup>1</sup>

Wegen mangelnden Abgrenzungsmöglichkeiten bezüglich der Reichweite von Luftverschmutzung werden zur Schadensmessung ersatzweise Emissionen bei Start- und Landevorgängen von Flugzeugen erfasst, wobei eine Flughöhe von bis zu ca. 900 m erreicht wird.<sup>2</sup>

Start- und Landevorgänge, auch Landing/Take-off-Zyklus (LTO-Zyklus) genannt, umfassen verschiedene Betriebszustände des Flugzeuges. Diese sind nicht nur das Abheben/Starten (Take-off) und der Aufstieg/Steigflug (Climb-out) sowie der Landeanflug (Approach) von Flugzeugen, sondern auch das Rollen der Flugzeuge vor dem Starten und nach dem Landen. Beim Letztgenannten befinden sich die Flugzeuge im Leerlauf (Idle), wobei der Treibstoff Kerosin nur unvollständig verbrannt wird. Während die Schadstoffemissionen in diesem Zustand bei allen Flugzeugen ähnlich sind, hängen die Emissionswerte bei den anderen Phasen vom Flugzeugtyp bzw. vom verwendeten Triebwerk ab.<sup>3</sup>

Negative Auswirkungen auf die Luftqualität hat die Emission von Stickoxiden ( $\text{NO}_x$ ), Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ), Kohlenmonoxid ( $\text{CO}$ ), unverbrannten Kohlenwasserstoffen ( $\text{HC}$ ) und Staubpartikeln.<sup>4</sup> Stickoxide fördern nicht nur die Bildung von Treibhausgasen, sondern sind auch von wesentlicher Bedeutung für die hier betrachtete Luftverschmutzung.<sup>5</sup>

$\text{NO}_x$  und  $\text{SO}_2$  tragen zur Entstehung von saurem Regen bei, der zu Ernteverlusten und Materialschäden führt. Diese beiden Stoffe sowie  $\text{HC}$  und Partikelemissionen können verschiedene Gesundheitsbeeinträchtigungen, hauptsächlich sind dies Atem-

---

<sup>1</sup> Siehe Schmid et al. (2003), S. 25 f.

<sup>2</sup> Siehe Dings (2003), S. 52.

<sup>3</sup> Siehe Armbruster (1996), S. 127-132.

<sup>4</sup> Eine Auflistung dieser Schadstoffe erfolgt mit Ausnahme von  $\text{CO}$  bei Dings (2003), S. 53. Zum Schadstoff  $\text{CO}$  siehe z. B. Armbruster (1996), S. 129, Schmid (2005), S. 13 und Schmidt (1994), S. 38.

<sup>5</sup> Siehe Schmidt (1994), S. 39 f.

wegserkrankungen und Herzerkrankungen, hervorrufen.<sup>1</sup> NO<sub>x</sub>-Emissionen stehen in Verbindung mit Smog und hohen Ozonbelastungen, die zumeist ohnehin in Ballungsräumen auftreten. Da sich in diesen Gebieten oft auch Flughäfen befinden, werden diese Probleme dort verstärkt. HC gelten als krebserregend und sind, wie auch die CO-Produktion, Folge einer unvollständigen Treibstoffverbrennung, die insbesondere beim Idle auftritt.<sup>2</sup>

Insgesamt wurden die Emissionen des deutschen Luftverkehrs für das Jahr 2000 auf 108.588 t NO<sub>x</sub>, 10.875 t SO<sub>2</sub>, 26.659 t CO und 10.213 t HC geschätzt.<sup>3</sup> Da die Schadstoffemissionen, wenn sie nicht im Leerlauf stattfinden, von den Flugzeugtypen bzw. Triebwerken abhängen, bedarf es für die Monetarisierung einer ebensolchen Klassifizierung wie bei der Emissionserfassung für die Bewertung der Klimakosten. Allerdings muss in diesem Fall zusätzlich festgestellt werden, welche Flugzeuge mit welchen Triebwerken an den einzelnen Flughäfen Starten und Landen und wie lange sich die Flugzeuge im Betriebszustand des Idle befinden, da auch dies die lokalen Emissionsmengen bestimmt.<sup>4</sup>

### **3.2.2 Monetäre Bewertung von Luftverschmutzungskosten**

Für die monetäre Bewertung bietet sich die Bottom-Up-Methodik an. Die Bottom-Up-Methodik orientiert sich an Ursache-Wirkungsbeziehungen, so dass Wirkungsketten nachgebildet werden, wie sie tatsächlich stattfinden.<sup>5</sup> Hierbei erfolgt vorerst die quantitative Erfassung von Umwelteinwirkungen bestimmter schädigender Aktivitäten und danach werden daraus Schadenskosten abgeleitet.<sup>6</sup> Der Bottom-Up-Methodik folgt der Wirkungspfadansatz, welcher im Rahmen des Forschungsprojekts ExternE der Europäischen Union entwickelt wurde und nun von verschiedenen Studien zur Er-

---

<sup>1</sup> Siehe INFRAS (2007), S. 66.

<sup>2</sup> Siehe Armbruster (1996), S. 129 und S. 146-163.

<sup>3</sup> Siehe INFRAS/IWW (2004), S. 131; die Emissionsmengen für Staubpartikel sind nicht angegeben.

<sup>4</sup> Siehe Schmid (2005), S. 98 f.

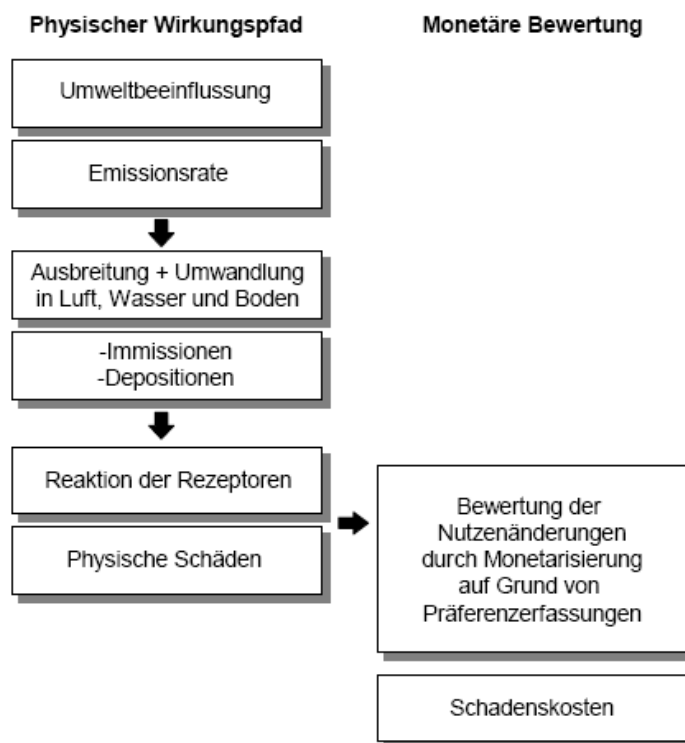
<sup>5</sup> Diese Methodik führt zu transparenteren und genaueren Ergebnissen als die in früheren Studien gebräuchlichere, allerdings auch weniger aufwendige, Top-Down-Methodik, bei der Umweltschäden vorerst in ihrer Gesamtheit betrachtet werden und danach anteilmäßige Zuordnungen auf einzelne schadenverursachenden Aktivitäten am Gesamtschaden erfolgen; siehe hierzu UBA (2007), S. 44-49; ähnlich CE Delft (2007), S. 17.

<sup>6</sup> Siehe Schmid et al. (2003), S. 17 f.



mittlung der Luftverschmutzungskosten verwendet wird.<sup>1</sup> Darstellung 2 veranschaulicht den Wirkungspfadansatz graphisch, wobei aus dem physischen Wirkungspfad von Umweltbeeinträchtigungen die monetäre Bewertung abgeleitet wird. Die Umweltbeeinflussung besteht im hier betrachteten Fall in der Emission von Luftschadstoffen während des LTO-Zyklus. Die Emissionsraten während der einzelnen Betriebszustände des LTO-Zyklus können der ICAO-Emissionsdatenbank entnommen werden, wie es bei der UNITE-Studie und bei den Studien von Schmid geschehen ist. Allerdings sind in dieser Datenbank nur Durchschnittswerte für die verschiedenen Verweildauern in den Betriebszuständen angegeben.<sup>2</sup> Die Studie von INFRAS verwendet die TREMOD-Datenbank.<sup>3</sup>

## Darstellung 2: Wirkungspfadansatz



Quelle: Schmid et al. (2003), S. 17.

<sup>1</sup> Siehe INFRAS (2007), S. 39 f. und S. 64; ähnlich UBA (2007), S. 47.

<sup>2</sup> Für die Zeitbeanspruchung des Betriebszustands des Idle verwendet Schmid Emissionsraten, die speziell für den Flughafen Frankfurt/Main ermittelt wurden. Siehe hierzu Schmid et al. (2003), S. 35f; auch Anhang dieser Arbeit, S. 43.

<sup>3</sup> Siehe INFRAS (2007), S. 50.

Um aus den Emissionsmengen schließlich Schadenskosten ableiten zu können, werden zunächst mit Hilfe von Ausbreitungs- und Wirkungsmodellen statistische Dosis-Wirkungsbeziehungen ermittelt. Dabei wird festgestellt, wie die jeweiligen Schadstoffe auf die Rezeptoren (z. B. Menschen und Pflanzen) wirken, um schließlich Gesundheits- und Materialschäden sowie Ernteverluste quantifizieren zu können. Im letzten Schritt des Wirkungspfadansatzes erfolgt die monetäre Bewertung der Schäden.<sup>1</sup>

Gesundheitsschäden aufgrund von Luftverschmutzung lassen sich nur mit Schwierigkeiten ermitteln, weil Gesundheitsbeeinträchtigungen auch als Folge anderer Faktoren auftreten können und die luftverschmutzungsbedingten Gesundheitsschäden isoliert werden müssen. Problematisch sind insbesondere chronische Gesundheitsbeeinträchtigungen, die aus geringen, aber dauerhaften Schadstoffbelastungen resultieren.<sup>2</sup>

Mit Hilfe von direkten Befragungen lässt sich für das Risiko einer verkürzten Lebenserwartung der monetäre Wert VLYL (Value of Life Years Lost) bestimmen. Derzeit werden hierfür als Basiswerte für akute Gesundheitseffekte 75.000 € und für chronische Effekte 50.000 € vorgeschlagen.<sup>3</sup> Nutzenverluste aufgrund von Beeinträchtigungen der Gesundheit treten in der Zukunft auf. Deshalb ist eine Abdiskontierung zum gegenwärtigen Zeitpunkt notwendig, welche die Höhe der monetären Werte maßgeblich beeinflusst. Der für den VLYL verwendete Diskontsatz hat eine Höhe von 3 %.<sup>4</sup> Zahlungsbereitschaften für vermiedene, nicht tödliche Krankheiten lassen auf monetäre Werte für alle möglichen luftverschmutzungsbedingten Krankheiten schließen. Beispielsweise liegt der aktuelle Wert für „Hustentage“ von Kindern bei 38 €.<sup>5</sup>

Bei der Abschätzung von Ernteverlusten und Materialschäden gibt es kaum Schwierigkeiten. Für die Bewertung gelten nicht direkt abgefragte Zahlungsbereitschaften, sondern Marktpreise als Maßstab. Sowohl Ernteverluste als auch Materialschäden tragen nur zu einem geringen Anteil der gesamten externen Luftverschmutzungskosten

---

<sup>1</sup> Siehe Krewitt/Schlomann (2006), S. 27-31.

<sup>2</sup> Siehe Krewitt/Schlomann (2006), S. 23.

<sup>3</sup> Siehe European Commission (2005), S. 147; während bei INFRAS (2007) diese Werte verwendet werden, sind bei Schmid (2005) und bei UNITE (2002) höhere Werte angegeben; siehe hierzu INFRAS (2007), S. 41, Schmid (2005), S. 36-38 und UNITE (2002), S. 82.

<sup>4</sup> Siehe UBA (2007), S. 74.

<sup>5</sup> Dieser Wert ist ein Durchschnittswert für die Europäische Union und bezieht sich auf die Risikogruppe Kinder zwischen 5 und 14 Jahren; siehe European Commission (2005), S. 154. Eine Auflistung von Gesundheitseffekten und deren monetärer Werte ist zu finden bei Maibach et al. (2007), S. 101.

bei. Eine erhöhte SO<sub>2</sub>-Konzentration in der Luft kann sogar Ernteerträge steigern, weil dadurch ein Düngungseffekt entsteht. Insgesamt führen Luftschadstoffe jedoch zu verminderten Ernteerträgen. Materialschäden können aufgrund ihrer eindeutigen Dosis-Wirkungsbeziehung gut nachvollzogen werden. Allerdings werden wegen Unstimmigkeiten bezüglich der anzuwendenden Methode Materialschäden an Bauten mit historischem oder kulturellem Wert bisher nicht erfasst.<sup>1</sup>

Mit Hilfe von Relationen für Dosis-Wirkungsbeziehungen lassen sich monetäre Schadenskosten pro Mengeneinheit der einzelnen Schadstoffe bestimmen.<sup>2</sup> Die durchschnittlichen Schadenskosten sind jedoch wegen bestehender Unsicherheiten je nach Studie unterschiedlich.<sup>3</sup> Eine Studie von Dings aus dem Jahre 2003 gibt für den Luftverkehr durchschnittliche Werte für NO<sub>x</sub> von 9 €/kg, für Staubpartikel von 150 €/kg, für HC von 4 €/kg und für SO<sub>2</sub> von 6 €/kg in Preisen von 1999 an. Werte für CO sind nicht angegeben.<sup>4</sup>

Für die EU-17-Länder betrugen im Jahr 2000 die gesamten Kosten der Luftverschmutzung 4,235 Mrd. €. <sup>5</sup> Im Durchschnitt sind dies 0,24 Cent/Pkm und 1,56 Cent/Tkm. <sup>6</sup> Als externe Gesamtkosten der Luftverschmutzung des Jahres 2005 für Deutschland ergeben sich bei INFRAS 17 Mio. €. Bei UNITE werden 239 Mio. € ausgewiesen. Wie bei den Klimakosten liegt auch hierbei die Begründung für den extremen Unterschied darin, dass INFRAS nur die Kosten berücksichtigt, die aus dem Binnenverkehr resultieren. <sup>7</sup> Für das Jahr 1998 berechnet Schmid (2005) insgesamt 217,8 Mio. € in Preisen des Jahres 2000. Die externen Kosten durch direkte Emissionen betragen bei Schmid 58 Mio. € und durch indirekte Emissionen 159,8 Mio. €. <sup>8</sup> Dies sind etwa 0,06 Cent/Pkm an durchschnittlichen Kosten der Luftverschmutzung im Bereich der Flugzeugnutzung. Hierfür ergeben sich bei INFRAS für das Jahr 2005 0,17 Cent/Pkm und

---

<sup>1</sup> Siehe Krewitt/Schlomann (2006), S. 29-31.

<sup>2</sup> Siehe Schmid (2003), S. 26.

<sup>3</sup> Siehe Dings (2003), S. 49

<sup>4</sup> Siehe Dings (2003), S. 49 und S. 54; die Werte ergeben sich aus verschiedenen europäischen Studien.

<sup>5</sup> Siehe INFRAS/IWW (2004), S. 10.

<sup>6</sup> Siehe INFRAS/IWW (2004), S. 12.

<sup>7</sup> Siehe INFRAS (2007), S. 45 f.

<sup>8</sup> Siehe Schmid (2005), S. 145.

1,21 Cent/Tkm.<sup>1</sup> Die Grenzkosten für einen zusätzlichen LTO-Zyklus liegen nach Schmid (2005) in Abhängigkeit vom eingesetzten Flugzeug zwischen 16 € und 329 €.<sup>2</sup>

Ebenso wie Schäden durch Luftverschmutzung lassen sich die Lärmbeeinträchtigungen theoretisch mit der Bottom-Up-Methodik abbilden, wobei jedoch in der praktischen Anwendung einige Schwierigkeiten auftreten.

### **3.3 Lärmkosten**

#### **3.3.1 Beeinträchtigungen durch Lärm**

Lärm entsteht im Luftverkehr hauptsächlich beim Starten und Landen von Flugzeugen. Dies ist der eigentliche Fluglärm. Die Lärmemissionen resultieren hierbei vornehmlich aus der aerodynamischen Geräuschentwicklung (Umströmungsgeräusch) durch Luftverwirbelungen und aus Triebwerksgeräuschen. Lärmbeeinträchtigungen können jedoch auch durch Rollbewegungen der Flugzeuge auf dem Flughafengelände hervorgerufen werden. In Verbindung mit Lärm, der aus anderen Aktivitäten am Flughafen resultiert, wie z. B. dem Kfz-Verkehr, wird dieser als Bodenlärm bezeichnet. Durch die Schallausbreitung erreichen sowohl der Flug- als auch der Bodenlärm die Anwohner in der Nähe von Flughäfen, welche die Lärmemissionen der Flugzeuge als Immissionen erleiden müssen.<sup>3</sup>

Lärmbeeinträchtigungen für Menschen in der Umgebung von Flughäfen können starke Gesundheitsbeschwerden hervorrufen. Belästigend wirkt Lärm, wenn er negative Emotionen auslöst, weil bestimmte Tätigkeiten wie Lesen, Lernen oder Entspannen nicht mit der dafür notwendigen Ruhe ausgeführt werden können oder weil Kommunikation nicht störungsfrei möglich ist. Solche Belästigungserscheinungen sind individuell verschieden und lassen sich nicht mit bestimmten Geräuschpegeln in Verbindung bringen. Dauerhafte Lärmbelästigung kann psychische Beschwerden verursachen, die sich in physischen Gesundheitsproblemen, wie beispielsweise Kopfschmerzen, Herz-Kreislauf-Störungen oder Asthma, ausdrücken können. Die Folgen von luftverkehrs-

---

<sup>1</sup> Siehe INFRAS (2007), S. 7.

<sup>2</sup> Siehe Schmid (2005), S. 100; auch Anhang dieser Arbeit, S. 43.

<sup>3</sup> Siehe Armbruster (1996), S. 74-76; ähnlich Pompl (2007), S. 75 f.

bedingtem Lärm in der Nacht sind häufig Schlafstörungen, welche schon ab einem Geräuschpegel von etwa 40 Dezibel (dB) auftreten können.<sup>1</sup>

Die im Juni 2007 in Kraft getretene Novellierung des Fluglärmggesetzes (FluLärmG) verlangt lediglich eine Begrenzung des mittleren Schallpegels, des sogenannten Dauerschallpegels, für Anwohner von bestehenden Flughäfen in bestimmten Nachtflugzonen auf 55 dB und tagsüber auf 60 dB.<sup>2</sup> Darüber hinaus gibt es an vielen deutschen Flughäfen Nachtflugbeschränkungen. Die Lärmemissionen von einzelnen startenden oder landenden Flugzeugen können wesentlich höher sein, als der Dauerschallpegel als Mittelwert für Lärmemissionen an Flughäfen suggeriert. Der Geräuschpegel eines Flugzeuges wird in Abhängigkeit von seinem maximalen Startgewicht (MTOM: Maximum Take-off Mass) an drei verschiedenen Messpunkten, im Anflug- und Abflugbereich sowie seitlich der Start-/Landebahn, ermittelt.<sup>3</sup> Die Messwerte liegen beispielsweise für die Modelle der Airbus-Serie A320 mit einem MTOM von etwa 75 t zwischen 83 und 100 dB.<sup>4</sup>

Für die Erfassung von Lärmemissionen als Grundlage für die monetäre Bewertung von Lärmkosten dient die Einteilung der Flugzeuge in Lärmklassen. Eine Einteilung wurde von der ICAO vorgenommen, aber auch viele Flughäfen definieren Lärmklassen der dort genutzten Flugzeuge.<sup>5</sup>

### **3.3.2 Monetäre Bewertung von Lärmkosten**

Lärmkosten können mit Hilfe von Schadenskosten bewertet werden. Lärmbelastung lassen sich anhand des Wirkungspfadansatzes nachbilden, indem zunächst die Lärmemissionen und ihre räumliche Ausbreitung erfasst werden, um danach die Schadenswirkungen abzuschätzen und schließlich monetäre Werte abzuleiten.<sup>6</sup> Obwohl das UBA den Wirkungspfadansatz im Rahmen seiner Methodenkonvention

---

<sup>1</sup> Siehe Maschke/Hecht (2003), S. 22-33.

<sup>2</sup> Siehe §2 Abs. 1 Nr. 2 FluLärmG (Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm).

<sup>3</sup> Eine Übersicht über die Messwerte verschiedener Flugzeuge gibt das UBA; siehe hierzu Anhang dieser Arbeit, A6.

<sup>4</sup> Siehe Lärmliste des LBA (2006), S. 25-34.

<sup>5</sup> Siehe Öko-Institut/DIW (2004), S. 45.

<sup>6</sup> Siehe Schmid (2005), S. 46.

empfiehlt,<sup>1</sup> wird er in den hier betrachteten Studien nicht für die gesamte Lärmkostenbestimmung eingesetzt.

Die für die Verwendung des Wirkungspfadansatzes notwendigen Informationen über Dosis-Wirkungsbeziehungen sind nur unzureichend vorhanden. Die Schadenswirkungen von Lärm müssten nach Tageszeiten differenziert betrachtet werden, wobei insbesondere die Auswirkungen von nächtlichen Lärmimmissionen genauer analysiert werden müssten.<sup>2</sup>

Trotzdem können die Lärmkosten zumindest teilweise auf der Basis von Untersuchungen zu Zusammenhängen zwischen Lärmimmissionen und daraus resultierenden gesundheitlichen Folgen bewertet werden. Zu Herzinfarkttrisiken und Herz-Kreislauf-Erkrankungen liegen ausreichende Informationen vor.<sup>3</sup> Die monetären Werte von Gesundheitsrisiken, die mit dem Wirkungspfadansatz ermittelt worden sind, werden ebenso wie die Gesundheitsrisiken aufgrund von Luftschadstoffen auf der Basis des VLYL bestimmt.<sup>4</sup> Auf diese Art ermittelte Gesundheitskosten bilden jedoch nur einen kleinen Anteil an den gesamten Lärmkosten.<sup>5</sup>

Gestützt wird die Ermittlung von Lärmkosten hauptsächlich durch das Abfragen von Zahlungsbereitschaften und die hedonische Methode<sup>6</sup>. Zahlungsbereitschaften werden in den hier betrachteten Studien mit dem Willingness-to-pay-Ansatz<sup>7</sup> für eine Reduzierung der Lärmemissionen in der Flughafenumgebung abgefragt. Mit der hedonischen Methode können die Mietzinsverluste in dieser Umgebung erfasst werden. Fraglich ist, ob die Mietzinsverluste tatsächlich die Höhe der externen Kosten widerspiegeln. Flughäfen können auch Anziehungspunkte für Unternehmen oder Menschen sein, die

---

<sup>1</sup> Siehe UBA (2007), S. 72.

<sup>2</sup> Siehe Schmid (2005), S. 180-182.

<sup>3</sup> Siehe INFRAS (2007), S. 63 f.

<sup>4</sup> Siehe UBA (2007), S. 72-75.

<sup>5</sup> In der Regel liegt dieser nach INFRAS (2007), S. 41, bei höchstens 20 %.

<sup>6</sup> Bei der hedonischen Methode werden Preisänderungen bestimmter Güter analysiert, die sich aus einer veränderten Umweltqualität ergeben, und Rückschlüsse auf Wertschätzungen für bestimmte Umweltqualitätsniveaus gezogen; siehe hierzu Hackl/Pruckner (1994), S. 90. Beispielsweise kann eine steigende Lärmbelastung eines Flughafens Auswirkungen auf die Mietpreise nahegelegener Wohnungen besitzen. Ein Sinken der Mietpreise bedeutet, dass die in dieser Region herrschende Umweltqualität geringer eingeschätzt wird.

<sup>7</sup> Der Willingness-to-pay-Ansatz kann im Rahmen einer kontingenten Bewertung verwendet werden. Es wird erfragt, welchen Geldbetrag jemand zahlen würde, um die Umweltqualität auf ein bestimmtes besseres Niveau zu erhöhen. Siehe hierzu Fritsch/Wein/Ewers (2003), S. 160-163.

Flughafennähe als Vorteil erachten, so dass dies dem Effekt der Mietpreisminderung entgegen wirken würde.<sup>1</sup>

Das bestätigen die Ergebnisse bei Schmid für das Jahr 2000, der im Rahmen einer differenzierten Betrachtung sowohl die hedonische Methode als auch direkte Befragungen zur Ermittlung externer Kosten durch Lärm heranzieht. In die Untersuchung wurden acht größere deutsche Flughäfen einbezogen. Durch Befragungen zur Lärmbelästigung an diesen Flughäfen ergaben sich insgesamt 3,1 Milliarden € an Lärmkosten, von denen mehr als 50 % durch das Empfinden starker Lärmbelästigung zu Stande gekommen sind. Im Gegensatz dazu weisen die nach der hedonischen Methode bei einem Schallpegel zwischen 55 und 75 dB ermittelten Lärmkosten eine Höhe von insgesamt 200 Mio. € an Lärmkosten auf. Die höchsten Lärmkosten gehen hierbei vom Flughafen Stuttgart mit 37,2 Mio. € aus, gefolgt von dem Flughafen Düsseldorf mit 30,5 Mio. € und dem Flughafen Frankfurt/Main mit 27 Mio. €.<sup>2</sup>

Die INFRAS-Studie verwendet zur Ermittlung von Lärmkosten Zahlungsbereitschaften, die sich auf die lärm betroffene Bevölkerung in Deutschland beziehen. Darstellung 3 listet die Anzahl der durch den Luftverkehr im Jahr 2005 belasteten Menschen nach Lärmpegel und den dafür verwendeten Kostensätzen auf. Die Kostensätze sind die Zahlungsbereitschaften zur Verminderung der Lärmbelastung auf einen Lärmpegel von 55 dB. Dieser ist von INFRAS sowohl tagsüber als auch nachts als erträglich eingestuft worden.<sup>3</sup>

### **Darstellung 3: Lärmbelastung und Zahlungsbereitschaften**

Anzahl betroffener Menschen	Lärmpegel in dB	Zahlungsbereitschaft in € pro Person und Jahr
470.000	55-60	55,70
400.000	60-65	167
300.000	65-70	278,3
200.000	70-75	389, 6
120.000	> 75	500,90

Quelle: Eigene Darstellung anhand von Daten nach INFRAS (2007), S. 62 und S. 64.

<sup>1</sup> Siehe Dings (2003), S. 49.

<sup>2</sup> Siehe Schmid (2005), S. 161-166.

<sup>3</sup> Siehe INFRAS (2007), S. 61-64.

Die beiden hier betrachteten Studien von INFRAS und Schmid sind schlecht vergleichbar, obwohl beide Zahlungsbereitschaften verwenden. Im Gegensatz zu der Klassifizierung nach Lärmpegeln bei INFRAS unterscheidet Schmid nach der subjektiv empfundenen Lärmbelastung. Die Zahlungsbereitschaften für starke Belästigung wird bei ihm mit 279 €, für mittelmäßige Belästigung mit 96 € und für leichte Belästigung mit 47 € festgelegt.<sup>1</sup> Während INFRAS die Lärmkosten in Deutschland ermittelt, die dann aber nur auf den Anteil des Inlandluftverkehrs bezogen werden, betrachtet Schmid nur ausgewählte Flughäfen ohne Differenzierung nach grenzüberschreitendem Verkehr und Inlandsverkehr. Schmid gibt keine Durchschnittskosten an. Bei INFRAS ergeben sich 1,28 Cent/Pkm und 8,18 Cent/Tkm bei Gesamtkosten in Höhe von 125 Mio. €.<sup>2</sup>

Die EU-17-Länder wiesen im Jahr 2000 insgesamt Lärmkosten in Höhe von 3,098 Mrd. € auf. Die daraus resultierenden durchschnittlichen Lärmkosten betragen 0,18 Cent/Pkm und 0,98 Cent/Tkm.<sup>3</sup>

### **3.4 Entwicklungstendenzen durch technischen Fortschritt**

Durch Verbesserungen im technologischen Bereich lässt sich die Entstehung von externen Effekten reduzieren. Im Luftverkehr gibt es technologische Entwicklungen, die in der Zukunft sowohl im Bereich der Lärmemissionen als auch im Bereich der Treibhausgas- und Schadstoffemissionen für eine Reduzierung der Umweltbelastung und somit der externen Kosten sorgen könnten.

Bei dem gegenwärtigen Stand der Technik ist es derzeit nur begrenzt möglich, die Lärmemissionen zu reduzieren. An- und Abflüge können lärmoptimierend gestaltet werden. Beispielsweise ist seit 2005 am Flughafen Frankfurt/Main das sogenannte kontinuierliche Sinkflugverfahren (CDA: Continuous Descent Approach) eingeführt worden, wobei die Lärmemissionen schon 20 bis 40 km vor dem eigentlichen Landeanflug reduziert werden. Von da an werden die Triebwerke auf Leerlauf gestellt und der Landevorgang erfolgt im Gleitflug. Diese Vorgehensweise ist jedoch nur bei einem ge-

---

<sup>1</sup> Siehe Schmid (2005), S. 77.

<sup>2</sup> Siehe INFRAS (2007) S. 7 und S. 17.

<sup>3</sup> Siehe INFRAS/IWW (2004), S. 9-12.



ringen Verkehrsaufkommen einsetzbar und deshalb am Flughafen Frankfurt/Main auf Nachtflüge beschränkt.<sup>1</sup>

Lärmemissionen lassen sich in absehbarer Zukunft nicht gänzlich vermeiden. Obwohl technische Entwicklungen darauf angelegt sind, auch für bestehende Flugzeugflotten Möglichkeiten für Nachrüstungen zu schaffen, ist erst mittelfristig mit Verbesserungen zu rechnen, die im Bereich von Lärminderungen um 5 dB liegen werden. Bis zum Jahr 2025 wird das Lärminderungspotenzial mit maximal 10 dB beziffert. Die Reduzierung von Triebwerksgeräuschen ist durch technische Veränderungen der einzelnen Triebwerkskomponenten erreichbar. Für die Minderung der Umströmungsgeräusche in einem Ausmaß von 3 bis 5 dB können technische Lösungen zur Verringerung des Luftwiderstandes wie z. B. Teilverkleidungen der Flugzeugfahrwerke sorgen. Darüber hinausgehende aerodynamische Lärminderungen sind nur in Verbindung einer völlig neuen Gestaltung des Flugzeugdesigns möglich.<sup>2</sup>

Durch technische Veränderungen im Bereich der Aerodynamik lassen sich nicht nur in Bezug auf die Lärmemissionen, sondern auch im Hinblick auf die Treibstoffeffizienz von Flugzeugen Fortschritte erzielen. Die Reduktion des Ausstoßes von Treibhausgasen und Schadstoffen durch einen geringeren Treibstoffverbrauch wird zudem durch die Verwendung von leichteren Materialien und verbrauchsoptimierender Triebwerkstechnik unterstützt.<sup>3</sup> Während z. B. die Flugzeugflotte der Lufthansa im Jahr 2006 einen durchschnittlichen Verbrauch an Treibstoff von 4,38 l pro 100 Passagierkilometer aufwies,<sup>4</sup> besitzen die neuen Modelle für Langstreckenflüge A350 und A380 nach Angaben des Flugzeugherstellers Airbus einen Treibstoffverbrauch von weniger als 3 l auf 100 km pro Passagier.<sup>5</sup> Die hierzu in Konkurrenz stehende neueste Flugzeuggeneration von Boeing mit der B787 und der Weiterentwicklung des Flugzeugtyps B747 soll ebenfalls starke Treibstoff- und Emissionsminderungen realisieren.<sup>6</sup> Einsparungen im

---

<sup>1</sup> Zur Anwendung des CDA am Flughafen Frankfurt siehe Lufthansa (2007), S. 70 und S. 90; Informationen zu lärmmindernden Verfahren veröffentlicht die DFS (Deutsche Flugsicherung) online im Internet: URL: [www.dfs.de](http://www.dfs.de).

<sup>2</sup> Siehe Dobrzynski (2003), S. 105-115.

<sup>3</sup> Siehe IPCC (2007), S. 352 f.

<sup>4</sup> Siehe Lufthansa (2007), S. 60.

<sup>5</sup> Siehe Airbus (2006), S. 60 f.

<sup>6</sup> Siehe Boeing (2007), S. 1-4.

Bereich des Energieverbrauchs können jedoch wegen des Verkehrswachstums lediglich verhindern, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen weiter ansteigen.<sup>1</sup>

Auf lange Sicht könnten sogenannte flying wings die Flugzeugtechnik der Zukunft darstellen. Aufgrund ihres aerodynamischen Designs als Nurflügler sind diese Flugzeuge nicht nur besonders lärmarm, sondern auch wesentlich treibstoffeffizienter als die Flugzeuge der derzeit neuesten Generation. Die technische Entwicklung könnte jedoch auch in eine andere Richtung gehen. In etwa 20 Jahren könnte der technische Fortschritt zur Verwendung alternativer Kraftstoffe führen, bei deren Verbrennung kaum schädliche Emissionen entstehen. Flugzeuge würden dann mit synthetischem Kerosin oder Wasserstoff betrieben. Synthetisches Kerosin kann zwar aus verschiedenen Grundstoffen hergestellt werden, aber nur Biomasse bietet die Vorteile eines nachwachsenden Rohstoffes und einer sehr geringen Menge an CO<sub>2</sub>-Emissionen. Im Gegensatz zu Wasserstoff können Flugantriebs- und Treibstoffversorgungssysteme mit weniger Aufwand auf Biomasse umgestellt werden. Die Problematik bei dem Betrieb von Flugzeugen mit Wasserstoff läge darüber hinaus in einer erhöhten Emission des Treibhausgases Wasserdampf.<sup>2</sup>

Falls auch die Bildung von Kondensstreifen und Zirruswolken durch vermehrte Wasserdampfemissionen Auswirkungen auf das Klima besitzen sollte, wäre Wasserdampf als alternativer Treibstoff nicht unbedingt vorteilhaft.<sup>3</sup>

## **6 Zusammenfassung**

Der Luftverkehr hat mehrere unterschiedliche negative Einflüsse auf die Umweltmedien, aus denen externe Kosten hervorgehen, wenn Unbeteiligte davon betroffen sind. Die Betroffenen müssen Nutzeneinbußen hinnehmen, die nicht ausreichend kompensiert werden. Um das daraus resultierende Schadensausmaß abschätzen zu können, ist eine Monetarisierung notwendig. Diese kann als Grundlage für wirtschaftspolitische Maßnahmen dienen, die getroffen werden sollen, um der Markteffizienz entgegen-

---

<sup>1</sup> Siehe IFEU (2005), S. 21.

<sup>2</sup> Siehe Lufthansa (2007), S. 55-57, auch IPCC (2007), S. 355.

<sup>3</sup> Siehe IPCC (2007), S. 355.

zusteuern. Es ist erforderlich, Zahlungsbereitschaften abzuschätzen. Dies ist vor allem dann mit Schwierigkeiten verbunden, wenn keine Marktpreise zur Verfügung stehen. Insbesondere ist umstritten, ob der monetäre Gegenwert einer Verkürzung des menschlichen Lebens festgestellt werden kann. Da die externen Effekte des Luftverkehrs jedoch auch für Schäden der menschlichen Gesundheit verantwortlich sind, muss eine Monetarisierung dieses aus ethischer Sicht unermesslichen Wertes vorgenommen werden,<sup>1</sup> wenn die Höhe der externen Kosten bestimmt werden soll. Die Verwendung des VLYL kann zumindest einen einheitlichen Bewertungsmaßstab schaffen.<sup>2</sup>

Die Bestimmung von externen Kosten ist mit erheblichen Unsicherheitsfaktoren verbunden. Die stärkste Problematik dieser Art findet sich bei den Klimakosten. Die Folgewirkungen eines bevorstehenden Klimawandels sind nur schwer abschätzbar. Die Treibhausgasemissionen beim Reiseflug haben im Gegensatz zum Ausstoß im bodennahen Bereich, wie es z. B. beim Straßenverkehr der Fall ist, wahrscheinlich eine um das 2,5-fache höhere Schadenswirkung.<sup>3</sup> Die Schwierigkeiten der Messung von Klimaschäden gehen soweit, dass sogar ihre prinzipielle Existenz bestritten wird.<sup>4</sup> Da Klimaschäden nur mit erheblichen Unsicherheiten abgeschätzt werden können, muss ersatzweise auch auf Vermeidungskosten zurückgegriffen werden, obwohl diese nicht den externen Kosten entsprechen.<sup>5</sup> Im Gegensatz zu den Klimakosten sind die Kosten der Luftverschmutzung vergleichsweise gut abschätzbar. Die Anwendbarkeit des Wirkungspfadansatzes ist für die Bestimmung der Luftverschmutzungskosten sehr hilfreich. Trotzdem bestehen Bewertungsschwierigkeiten, weil die menschliche Gesundheit mit monetären Werten versehen werden muss. Dies gilt gleichermaßen für die Bewertung von Lärmkosten. Hierbei konnte der Wirkungspfadansatz bisher nur begrenzt eingesetzt werden. Um die Lärmkosten besser bestimmen zu können, ist die genaue Abschätzung der Dosis-Wirkungsbeziehungen notwendig.<sup>6</sup> Es fehlt darüber hinaus an einheitlichen Methoden zur monetären Bewertung, so dass die Ergebnisse hierzu sehr unterschiedlich ausfallen.

---

<sup>1</sup> Siehe Cansier (1996), S. 81.

<sup>2</sup> Siehe UBA (2007), 73 f.

<sup>3</sup> Siehe INFRAS (2007), S. 68.

<sup>4</sup> Siehe Bartsch (2007), T1 sowie Beck, S. 259.

<sup>5</sup> Siehe Schmid et al. (2003), S. 19 f.

<sup>6</sup> Siehe Schmid (2005), S. 180-182.

Da für die monetäre Bewertung der externen Kosten in den betrachteten Studien unterschiedliche Methoden und Datengrundlagen verwendet wurden, kann ein Vergleich zwischen den einzelnen Kostenkategorien nur über eine Betrachtung der durchschnittlichen Kosten erfolgen. Hierfür werden die Kosten pro Pkm herangezogen, weil eine genaue Differenzierung nach Güter- und Personenverkehr nicht immer möglich ist.<sup>1</sup> Die Klimakosten des Luftverkehrs sind mit einer Spanne von 0,39 Cent/Pkm bis 4,62 Cent/Pkm<sup>2</sup> im Vergleich zu den Lärmkosten und den Kosten der Luftverschmutzung sehr hoch.<sup>3</sup> Im Hinblick auf die Ergebnisse zum Luftverkehr der INFRAS-Studie von 2007 folgen in Deutschland an zweiter Stelle die Lärmkosten mit 0,17 Cent/Pkm, während die Kosten der Luftverschmutzung nur einen sehr geringen Anteil an den externen Kosten des Luftverkehrs besitzen.<sup>4</sup> Dies gilt jedoch nicht für den europäischen Raum der EU-17-Länder, denn die Kosten der Luftverschmutzung sind hier mit 0,24 Cent/Pkm höher als die Lärmkosten mit 0,18 Cent/Pkm.<sup>5</sup> Die Ergebnisse bei Schmid zeigen jedoch, dass auch die Lärmkosten mit Abstand die höchsten externen Kosten darstellen können, wenn dementsprechend hohe Zahlungsbereitschaften zu Grunde gelegt werden.<sup>6</sup> Allerdings ist zu beachten, dass Schmid einen Klimakostensatz verwendet hat, der unter dem derzeit Empfohlenen liegt.<sup>7</sup>

Trotz der Unsicherheiten in der Bewertung und der Unterschiede in den Ergebnissen stellen die externen Kosten ein nicht zu missachtendes Problem des Luftverkehrs dar. Es besteht für alle Kostenkategorien Internalisierungsbedarf, wenn die Emissionen in der Zukunft nicht weitgehend reduziert werden können.

Um die schädlichen Emissionen des Luftverkehrs reduzieren zu können, müssen technologische Neuerungen zum Einsatz kommen. Dies wird jedoch erst mittel- bis langfristig erreichbar sein. Die bloße Treibstoffeinsparung ist nicht zielführend. Wachstumstendenzen des Marktes für Luftverkehrsleistungen kompensieren

---

<sup>1</sup> Siehe INFRAS (2007), S. 51.

<sup>2</sup> Siehe hierzu Schmid (2005), S. 145, IINFRAS (2007), S. 7 und INFRAS/IWW (2004), S. 12; auch S. 15 f. dieser Arbeit.

<sup>3</sup> Dies zeigt darüber hinaus auch der Vergleich mit anderen Verkehrsträgern. Nach INFRAS betrugen die Klimakosten des Straßenverkehrs im Jahr 2005 durchschnittlich 0,81 Cent/Pkm und die des Schienenverkehrs 0,08 Cent/Pkm gegenüber 2,56 Cent/Pkm beim Luftverkehr.

<sup>4</sup> Siehe INFRAS (2007), S. 7 f.

<sup>5</sup> Siehe S. INFRAS/IWW (2004), S. 12.

<sup>6</sup> Siehe Schmid (2005), S. 175; auch S. 24 f. dieser Arbeit.

<sup>7</sup> Siehe S. 14 f. dieser Arbeit.

Anstrengungen zur Reduzierung der Umweltbelastungen, so dass es zukünftig externe Kosten weiterhin geben wird, die möglicherweise stark ansteigen,<sup>1</sup> wenn keine wirtschaftspolitischen Maßnahmen ergriffen werden.

---

<sup>1</sup> Siehe OECD/IEA (2006), S. 233 f.

## Literaturverzeichnis

- Aberle, G. (2003): Transportwirtschaft. Einzelwirtschaftliche und gesamtwirtschaftliche Grundlagen, 4. Aufl., Oldenburg.
- Airbus (2006): Global Market Forecast: The future of flying: 2006-2025, online im Internet: URL: [http://www.airbus.com/store/mm\\_repository/pdf/att00008552/media\\_object\\_file\\_AirbusGMF2006-2025.pdf](http://www.airbus.com/store/mm_repository/pdf/att00008552/media_object_file_AirbusGMF2006-2025.pdf) [Stand: 08.09.2007].
- Armbruster, J. (1996): Flugverkehr und Umwelt. Wieviel Mobilität tut uns gut?, Berlin.
- Bartsch, C. (2007): Das sensiblere Bewusstsein als Chance begreifen, in: Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 24.07.2007, T1.
- Beck, E.-G. (2007): 180 years of atmospheric CO<sub>2</sub> gas analysis by chemical methods, in: Energy & Environment, Volume 18, No. 2, S. 259-282.
- Boeing (2007): Backgrounder: Boeing Commercial Airplanes Background, online im Internet: URL: <http://www.boeing.com/commercial/overview/overview.pdf> [Stand: 14.03.2007].
- Brockhagen/Bals (2004): Wie wir Fliegen: Flugverkehr zwischen Konsum und Klimaschaden, in: Worldwatch Institute (Hrsg.): Zur Lage der Welt 2004, online im Internet: URL: <http://www.germanwatch.org/klima/zldw04flug.pdf> [Stand: 14.03.2008].
- Brosthaus, J. et al. (2001): Maßnahmen zur verursacherbezogenen Schadstoffreduzierung des zivilen Luftverkehrs, in: Publikationen des Umweltbundesamtes, Nr. 17/2001, Berlin; online im Internet: URL: <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/1955.pdf> [Stand: 14.03.2008].
- BUND et al. (2003): Billigflieger: Kollapsgefahr für Mensch und Klima - Anmerkungen zu den Aspekten Klima, Flughafenentwicklung, Fluglärm, Pressehintergrund des verbändeübergreifenden AK Flugverkehr, Düsseldorf / Berlin, online im Internet: URL: [http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/pdfs/verkehr/luftverkehr/2003094\\_verkehr\\_billigflieger\\_hintergrund.pdf](http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/pdfs/verkehr/luftverkehr/2003094_verkehr_billigflieger_hintergrund.pdf) [Stand: 14.03.2008].
- Cansier, D. (1996): Umweltökonomie, 2. Aufl., Stuttgart.
- CE Delft (2007): Handbook on estimation of external cost in the transport sector. Internalisation Measures and Policies for All external Cost of Transport (IMPACT), in: CE-Publications, Nr. 07.4288.52, online im Internet: URL:

[http://ec.europa.eu/transport/costs/handbook/doc/2008\\_01\\_15\\_handbook\\_external\\_costs\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/transport/costs/handbook/doc/2008_01_15_handbook_external_costs_en.pdf) [Stand: 21.01.2008].

- Destatis (2006): Verkehr. Verkehrsunfälle 2006, Fachserie 8, Reihe 7, Wiesbaden, online im Internet: URL: <https://www-ec.destatis.de/csp/shop/sfg/bpm.html.cms.cBroker.cls?cmspath=struktur,vollanzeige.csp&ID=1019153> [Stand: 14.03.2008].
- Dings, J. M. W. et al. (2003): External Costs of Aviation, in: Publikationen des Umweltbundesamtes, Nr. 24/2003, Berlin; online im Internet: URL: <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/2297.pdf> [Stand: 14.03.2008].
- Dobrzynski, W. (2003): Technische Entwicklungen der Lärminderung an der Quelle, in: Koch, H.-J. (Hrsg.): Forum Umweltrecht - Schriftenreihe der Forschungsstelle Umweltrecht der Universität Hamburg, Bd. 45, Umweltprobleme des Luftverkehrs, Baden-Baden, S. 105-117.
- Eckey, H.-F., W. Stock (2000): Verkehrsökonomie. Eine empirisch orientierte Einführung in die Verkehrswissenschaften, Wiesbaden.
- Endres, A. (2007): Umweltökonomie, 3. Aufl., Stuttgart.
- EU-Kommission (2004): Vorschlag für eine Richtlinie des europäischen Parlaments und des Rates zur Änderung der Richtlinie 94/62/EG über Verpackungen und Verpackungsabfälle, online im Internet: URL: [http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/rl\\_verpackungen94\\_62\\_eg.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/rl_verpackungen94_62_eg.pdf) [Stand: 14.08.2007].
- European Commission (2005): ExternE – Externalities of Energy - Methodology 2005 Update, Luxemburg, online im Internet: URL: <http://maxima.ier.uni-stuttgart.de/brussels/methup05.pdf> [Stand: 14.03.2008].
- Eurostat (2007): Luftverkehr in Europa im Jahr 2005, Statistik kurz gefasst, Verkehr, 8/2007, online im Internet: URL: [http://bookshop.europa.eu/eubookshop/FileCache/PUBPDF/KSSF07008DEC/KSSF07008DEC\\_002.pdf](http://bookshop.europa.eu/eubookshop/FileCache/PUBPDF/KSSF07008DEC/KSSF07008DEC_002.pdf) [Stand: 14.03.2008].
- Ewers, H.-J. (1995): Dauerhaft-umweltgerechte Mobilität, in: Barz, W., B. Brinkmann, H.-J. Ewers (Hrsg.): Umwelt und Verkehr, Vorträge und Studien des Zentrums für Umweltforschung der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, Heft 6, Münster.
- Fichert, F. (1999): Umweltschutz im zivilen Luftverkehr: ökonomische Analyse von Zielen und Instrumenten, in: Veröffentlichungen des Forschungsinstituts für Wirtschaftspolitik an der Universität Mainz, Bd. 56, Berlin.

- Friedrich, A., F. Heinen, (2003): Örtliche und globale Luftverunreinigungen, in: Koch, H.-J. (Hrsg.): Forum Umweltrecht - Schriftenreihe der Forschungsstelle Umweltrecht der Universität Hamburg, Bd. 45, Umweltprobleme des Luftverkehrs, Baden-Baden, S. 11-19.
- Fritsch, M., T. Wein, H.-J. Ewers (2003): Marktversagen und Wirtschaftspolitik, 5. Auflage, München.
- Hackl, F., G. J. Pruckner (1994): Die Kosten/Nutzen-Analyse als Bewertungsinstrument der Umweltpolitik, in: Bartel, R., F. Hackl (Hrsg.): Einführung in die Umweltpolitik, S. 81-100, München.
- Hartwig, K.-H. (2003): Umweltökonomie, in: Bender, D. et al. (Hrsg.): Vahlens Kompendium der Wirtschaftstheorie und Wirtschaftspolitik, 8. Aufl., Bd. 2, München, S. 127-169.
- IFEU (2005): Fortschreibung „Daten- und Rechenmodell“: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030, Zusammenfassung, UFOPLAN (Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit), Nr. 204 45 139, online im Internet: URL: [http://www.ifeu.org/verkehrundumwelt/pdf/TREMOD\\_Zusammenfassung.pdf](http://www.ifeu.org/verkehrundumwelt/pdf/TREMOD_Zusammenfassung.pdf) [Stand: 14.03.2008].
- INFRAS (2007): Externe Kosten des Verkehrs in Deutschland. Aufdatierung 2005, Langfassung, Zürich, erhältlich über den direkten Vertrieb des Auftraggebers Allianz pro Schiene e. V.; Zusammenfassung erhältlich online im Internet: URL: [http://www.allianz-pro-schiene.de/cms/upload/pdf-Dateien/Publikationen/070300\\_Externe-Kosten\\_Management\\_Summary.pdf](http://www.allianz-pro-schiene.de/cms/upload/pdf-Dateien/Publikationen/070300_Externe-Kosten_Management_Summary.pdf), [Stand: 14.03.2008].
- INFRAS/IWW (2004): External costs of transport, Update Study, Final report, Studie im Auftrag des Internationalen Eisenbahnverbandes UIC, Zürich/Karlsruhe, online im Internet: URL: [http://www.cer.be/force-download.php?file=/media/publications/INFRAS%20Study\\_EN.pdf](http://www.cer.be/force-download.php?file=/media/publications/INFRAS%20Study_EN.pdf) [Stand: 14.03.2008].
- IPCC (1999): Aviation and the Global Atmosphere. Summary for Policymakers, online im Internet: URL: <http://www.grida.no/climate/ipcc/spmpdf/av-e.pdf> [Stand: 14.03.2008].



- IPCC (2001): Climate Change 2001, Working Group I: The Scientific Basis, online im Internet: URL: [http://www.grida.no/climate/ipcc\\_tar/wg1/index.htm](http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/index.htm) [Stand: 14.03.2008].
- IPCC (2007): Fourth Assessment Report, Working Group III; online im Internet: URL: [http://www.mnp.nl/ipcc/pages\\_media/AR4-chapters.html](http://www.mnp.nl/ipcc/pages_media/AR4-chapters.html) [Stand: 15.01.2008].
- Krewitt, W., B. Schlomann (2006): Externe Kosten der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Vergleich zur Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern, online im Internet: URL: [http://www.erneuerbare-energien.de/files/erneuerbare\\_energien/downloads/application/pdf/ee\\_kosten\\_stromerzeugung.pdf](http://www.erneuerbare-energien.de/files/erneuerbare_energien/downloads/application/pdf/ee_kosten_stromerzeugung.pdf) [Stand: 14.03.2008].
- Loske, R. (1996): Klimapolitik: im Spannungsfeld zwischen Kurzzeitinteressen und Langzeiterfordernissen, in: Ökologie und Wirtschaftsforschung, Bd. 20, Marburg.
- Lufthansa (2007): Nachhaltigkeitsbericht Balance, online im Internet: URL: [http://konzern.lufthansa.com/de/downloads/presse/downloads/publikationen/lh\\_nachhaltigkeitsbericht\\_2007.pdf](http://konzern.lufthansa.com/de/downloads/presse/downloads/publikationen/lh_nachhaltigkeitsbericht_2007.pdf) [Stand: 14.03.2008].
- Maibach, M. et al (2007): Praktische Anwendung der Methodenkonvention: Möglichkeiten der Berücksichtigung externer Umweltkosten bei Wirtschaftlichkeitsrechnungen von öffentlichen Investitionen, Endbericht zum UFOPLAN-Vorhaben 203 14 127, Zürich/Köln, online im Internet: URL: <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3194.pdf> [Stand: 14.03.2008].
- Maschke, C., K. Hecht (2003): Fluglärm und Gesundheitsbeeinträchtigungen, in: Koch, H.-J. (Hrsg.): Forum Umweltrecht - Schriftenreihe der Forschungsstelle Umweltrecht der Universität Hamburg, Bd. 45, Umweltprobleme des Luftverkehrs, Baden-Baden, S. 21-43.
- OECD (2003): External Costs of Transport in Central and Eastern Europe, online im Internet: URL: [http://www.oilis.oecd.org/oilis/2002doc.nsf/43bb6130e5e86e5fc12569fa005d004c/c5992f7516b50be2c1256d7c0039ec0f/\\$FILE/JT00148028.PDF](http://www.oilis.oecd.org/oilis/2002doc.nsf/43bb6130e5e86e5fc12569fa005d004c/c5992f7516b50be2c1256d7c0039ec0f/$FILE/JT00148028.PDF) [Stand: 14.03.2007].
- OECD/IEA (2006): World Energy Outlook 2006, Paris.

Öko-Institut e. V., DIW Berlin (2004): Ökonomische Maßnahmen zur Reduzierung der Umweltauswirkungen des Flugverkehrs: Lärmabhängige Landegebühren, UFOPLAN (Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) - Nr. 201 96 107, online im Internet: URL: <http://www.oeko.de/files/forschungsergebnisse/application/octet-stream/download.php?id=267> [Stand: 14.03.2008].

Pompl (2007): Luftverkehr. Eine ökonomische und politische Einführung, 2. Aufl., Berlin.

Rommerskirchen, S. (1995): Verhaltenssteuernde Maßnahmen zur Minderung verkehrsbedingter Emissionen, in: Barz, W., B. Brinkmann, H.-J. Ewers (Hrsg.): Umwelt und Verkehr, Vorträge und Studien des Zentrums für Umweltforschung der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, Heft 6, Münster.

Schmid, S. A. (2005): Externe Kosten des Verkehrs: Grenz- und Gesamtkosten durch Luftschadstoffe und Lärm in Deutschland, Stuttgart, online im Internet: URL: [http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?idn=979730279&dok\\_var=d1&dok\\_ext=pdf&filename=979730279.pdf](http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?idn=979730279&dok_var=d1&dok_ext=pdf&filename=979730279.pdf) [Stand: 14.03.2008].

Schmid, S. A. et al. (2003): Ermittlung externer Kosten des Flugverkehrs am Flughafen Frankfurt/Main, Gutachten des Instituts für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung der Universität Stuttgart, Stuttgart, online im Internet: URL: [http://www.dialogforum-flughafen.de/fileadmin/PDF/Gutachten/Externe\\_Kosten\\_Gutachten.pdf](http://www.dialogforum-flughafen.de/fileadmin/PDF/Gutachten/Externe_Kosten_Gutachten.pdf) [Stand: 14.03.2008].

Schmidt, A. (1994): Die Anwendbarkeit der ökonomischen Lizenzlösung auf die Umweltbelastungen durch den zivilen Luftverkehr, in: Europäische Hochschulschriften: Reihe 5, Volks- und Betriebswirtschaft, Bd. 1614, Frankfurt am Main.

Schumann, U. (2007): Klimawandel und Luftverkehr in: DGLR- Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt-Lilienthal-Oberth e.V. (Hrsg.): Luft- und Raumfahrt 3/2007, S. 20-23.

UBA (2007): Ökonomische Bewertung von Umweltschäden. Methodenkonvention zur Schätzung externer Umweltkosten, online im Internet: URL: <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3193.pdf> [Stand: 14.03.2008].

UNITE (2002): Unification of accounts and marginal costs for Transport Efficiency, Deliverable 5, Appendix 1: The pilot accounts for Germany, Leeds, online im Internet: URL: [http://www.its.leeds.ac.uk/projects/unite/downloads/D5\\_Annex1.pdf](http://www.its.leeds.ac.uk/projects/unite/downloads/D5_Annex1.pdf) [Stand: 14.03.2008].

## Quellenverzeichnis

DFS (Deutsche Flugsicherung): Grundlagenwissen zum Thema: Lärm mindernde Verfahren, Continuous Descent Approach (CDA), online im Internet: URL: [http://www.dfs.de/dfs/internet/deutsch/inhalt/company\\_future/primaernavigation/fluglaerm\\_umwelt/sekundaernavigation/grundlagen/fliegerische\\_verfahren/laermmindernde\\_verfahren/laerm\\_04.pdf](http://www.dfs.de/dfs/internet/deutsch/inhalt/company_future/primaernavigation/fluglaerm_umwelt/sekundaernavigation/grundlagen/fliegerische_verfahren/laermmindernde_verfahren/laerm_04.pdf) [Stand: 14.03.2008].

Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm - Fluglärmgesetz (FluLärmG) vom 30. März 1971 (BGBl. I S. 282), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 1. Juni 2007 (BGBl. I S. 986).

LBA (Luftfahrt-Bundesamt): Lärm liste für Strahlflugzeuge, aktualisiert am 15.06.2006, online im Internet: URL: [http://www.lba.de/cln\\_010/nn\\_57316/SharedDocs/download/T/Umwelt/T6\\_\\_LaermLst1,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/T6\\_LaermLst1.pdf](http://www.lba.de/cln_010/nn_57316/SharedDocs/download/T/Umwelt/T6__LaermLst1,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/T6_LaermLst1.pdf) [Stand: 14.03.2008].

## Anhang

Tabelle A: Externe Gesamtkosten nach UNITE

Costs	1996	1998	2005
<b>Core Information</b>			
Infrastructure Costs <sup>1)</sup>	3.475	3.488	4.707
Fixed	:	:	:
Variable	:	:	:
Accident costs (user external)	24	35	53
Environmental costs	817	874	1.315
Air pollution	151	162	239
Global warming	405	434	692
Noise	260	276	384
<b>Total</b>	<b>4.316</b>	<b>4.397</b>	<b>6.075</b>
<b>Additional information</b>			
Congestion Cost <sup>2)</sup>	121	147	245
Accident costs (user internal)	:	:	:
From this: risk value	171	175	267
Environmental costs			
Nature and landscape, soil and water pollution <sup>3)</sup>	70	71	82
Nuclear risks <sup>3)</sup>	:	:	:
<b>Revenues<sup>4)</sup></b>			
Directly related to a specific cost category			
Charges for infrastructure usage			
Airport revenues	2.925	3.121	4.690
ATM charges	872	767	1.065
Meteorological services	63	48	50
<b>Total</b>	<b>3860</b>	<b>3.936</b>	<b>5.805</b>
Loss of revenues due to tax exemptions			
Kerosene tax <sup>5)</sup>	:	-2.262	:
VAT on ticket price <sup>5)</sup>	:	-252	:
Other transport specific revenues			
Fuel tax	0	0	:
Eco tax <sup>6)</sup>	0	0	:
VAT <sup>7)</sup>	0	0	:
Subsidies <sup>8)</sup>	:	:	:
Non-transport related revenues of airports	:	:	:
<sup>1)</sup> All infrastructure costs including those for non-transport related business. Includes also National Air Traffic Control (DFS) and National Meteorological Service (DWD). – <sup>2)</sup> Expressed as delay costs. Costs based on statistics from the three main German airports (Frankfurt, Düsseldorf and Munich) only and represent approximately 58% of all air traffic. – <sup>3)</sup> Because there is no standardised methodology for the calculation of these costs, the figures given here are to be regarded only as approximate indications that may change greatly over time with the development of a standard methodology. – <sup>4)</sup> Including revenues from non-transport related business. – <sup>5)</sup> For Lufthansa only. – <sup>6)</sup> Eco tax raised since 1999 and collected together with fuel tax. – <sup>7)</sup> VAT evied on fuel and eco tax. – <sup>8)</sup> Subsidies included here include subsidies given for the provision of infrastructure, for debt relief, for the provision of services etc. These subsidies can clearly not be allocated to either the cost or to the revenue side of this table. Subsidies are in cash flow terms and are not on the same basis as the economic costs. Source: DIW, IER, IWW.			

Quelle: UNITE (2002), S. 172.

Tabelle B: Externe Gesamtkosten nach INFRAS

Gesamtkosten 2005 nach Kostenkategorie und Verkehrsträger														
in Mio. €/Jahr			Straße			Schiene			Luftverkehr			Binnen-schifffahrt		
	Total	%	Pkw	Busse	Motor-räder	Liefer-wagen	LKW	Perso-nen-ver-kehr	Güter-ver-kehr	Perso-nen-ver-kehr	Güter-ver-kehr	Perso-nen-ver-kehr	Güter-ver-kehr	Güter-ver-kehr
Unfälle	41'766	52.0	31'840	402	6'514	1'247	1'680	38'756	2'927	69	5	7	1	n.a.
Lärm	9'693	12.1	4'372	76	277	927	3'087	4'726	4'014	513	315	121	4	0
Luftver-schmutzu-ng	7'694	9.6	3'385	283	72	648	2'677	3'740	3'324	196	182	16	1	235
Klimakos-ten	11'229	14.0	7'370	208	110	635	2'416	7'688	3'050	59	41	245	8	138
Natur und Landschaft	3'173	3.9	2'140	37	30	201	634	2'207	835	29	8	57	2	36
Vor- und nachgelagerte Prozesse	5'445	6.8	3'093	62	68	301	1'052	3'222	1'352	503	289	45	1	31
Zusatzkosten in städtischen Räumen	1'389	1.7	822	16	16	116	133	854	250	222	64	0	0	0
<b>Total</b>	<b>80'390</b>	<b>100</b>	<b>53'021</b>	<b>1'085</b>	<b>7'087</b>	<b>4'074</b>	<b>11'679</b>	<b>61'193</b>	<b>15'753</b>	<b>1'592</b>	<b>904</b>	<b>492</b>	<b>16</b>	<b>440</b>
<b>Anteil am Total</b>	<b>100 %</b>		<b>66.0 %</b>	<b>1.3 %</b>	<b>8.8 %</b>	<b>5.1 %</b>	<b>14.5 %</b>	<b>76.1 %</b>	<b>19.6 %</b>	<b>2.0 %</b>	<b>1.1 %</b>	<b>0.6 %</b>	<b>0.0 %</b>	<b>0.5 %</b>

Quelle: INFRAS (2007), S. 5.

Tabelle C: Externe Gesamtkosten<sup>1</sup> nach Schmid

Mio. Euro <sub>2000</sub>	Luftschadstoffe			Treibhausgase			Σ gesamt
	Direkte Emissionen	Indirekte Emissionen	Σ	Direkte Emissionen	Indirekte Emissionen	Σ	
Flugverkehr	58,0	159,8 (nur Raffinerie-Emissionen)	217,8	384,7	37,6	422,2	640,0

Quelle: Schmid (2005), S. 145.

<sup>1</sup> Die durchschnittlichen Kosten ergeben sich hierbei, indem die Gesamtkosten durch die bei Schmid angenommene Verkehrsleistung von 100.000 Pkm dividiert werden; siehe hierzu Schmid (2005), S. 145.

Tabelle D: Externe Durchschnittskosten nach INFRAS

Durchschnittskosten 2005 nach Kostenkategorie und Verkehrsträger														
	Straße				Schiene	Luftverkehr	Total	Straße			Schiene	Luftverkehr	Binnenschiff	Total
	Pkw	Busse	Motorräder	Total Straße Personenverkehr	Personenverkehr	Personenverkehr	Personenverkehr	Lieferwagen	LKW	Total Straße Güterverkehr	Güterverkehr	Güterverkehr	Güterverkehr	Güterverkehr
Einheit	€/1'000 Pkm	€/1'000 Pkm	€/1'000 Pkm	€/1'000 Pkm	€/1'000 Pkm	€/1'000 Pkm	€/1'000 Pkm	€/1'000 tkm	€/1'000 tkm	€/1'000 tkm	€/1'000 tkm	€/1'000 tkm	€/1'000 tkm	€/1'000 tkm
Unfälle	37.0	5.8	354.9	40.9	0.9	0.7	37.6	97.5	4.3	7.2	0.1	16.2	0.0	5.2
Lärm	5.1	1.1	15.1	5.0	6.8	12.8	5.2	72.5	7.9	9.9	3.3	81.8	0.0	7.7
Luftverschmutzung	3.9	4.1	3.9	3.9	2.6	1.7	3.8	50.6	6.8	8.2	1.9	12.1	3.7	6.6
Klimakosten	8.6	3.0	6.0	8.1	0.8	25.8	7.7	49.6	6.2	7.5	0.4	187.8	2.2	5.7
Natur und Landschaft	2.5	0.5	1.6	2.3	0.4	6.0	2.2	15.7	1.6	2.1	0.1	38.5	0.6	1.6
Vor- und nachgelagerte Prozesse	3.6	0.9	3.7	3.4	6.7	4.8	3.7	23.5	2.7	3.3	3.0	31.9	0.5	3.0
Zusatzkosten in städtischen Räumen	1.0	0.2	0.9	0.9	3.0	0.0	1.0	9.1	0.3	0.6	0.7	0.0	0.0	0.6
<b>Total</b>	<b>61.6</b>	<b>15.6</b>	<b>386.1</b>	<b>64.5</b>	<b>21.2</b>	<b>51.8</b>	<b>61.3</b>	<b>318.5</b>	<b>29.8</b>	<b>38.9</b>	<b>9.5</b>	<b>368.3</b>	<b>6.9</b>	<b>30.3</b>

Quelle: INFRAS (2007), S. 7

Tabelle E: Externe Durchschnittskosten nach INFRAS/IWW

AVERAGE COSTS IN 2000 BY COST CATEGORY & TRANSPORT MODE														
	Average Cost Passenger							Average Cost Freight						
	Road				Rail	Aviation	Overall	Road			Rail	Aviation	Water-borne	Overall
	Road Car	Bus	MC	Pass. total				LDV	HDV	Total				
	[Euro / 1000 pkm]							[Euro / 1000 tkm]						
Accidents	30.9	2.4	188.6	32.4	0.8	0.4	22.3	35.0	4.8	7.6	0.0	0.0	0.0	6.5
Noise <sup>1)</sup>	5.2	1.3	16.0	5.1	3.9	1.8	4.2	32.4	4.9	7.4	3.2	8.9	0.0	7.1
Air Pollution	12.7	20.7	3.8	13.2	5.9	2.4	10.0	86.9	38.3	42.8	8.3	15.6	14.1	38.5
Climate Change High	17.6	8.3	11.7	16.5	6.2	46.2	23.7	57.4	12.8	16.9	3.2	235.7	4.3	16.9
Climate Change Low <sup>2)</sup>	(2.5)	(1.2)	(1.7)	(2.4)	(0.9)	(6.6)	(3.4)	(8.2)	(1.8)	(2.4)	(0.5)	(33.7)	(0.6)	(2.4)
Nature & Landscape	2.9	0.7	2.1	2.6	0.6	0.8	2.0	10.9	2.0	2.9	0.3	3.8	0.8	2.6
Up-/Down-stream <sup>3)</sup>	5.2	3.9	3.0	5.0	3.4	1.0	3.9	22.4	7.4	8.8	2.4	7.4	3.3	8.0
Urban Effects	1.6	0.4	1.1	1.5	1.3	0.0	1.1	5.2	1.1	1.5	0.5	0.0	0.0	1.3
<b>Total EU 17<sup>4)</sup></b>	<b>76.0</b>	<b>37.7</b>	<b>226.3</b>	<b>76.4</b>	<b>22.9</b>	<b>52.5</b>	<b>67.2</b>	<b>250.2</b>	<b>71.1</b>	<b>87.8</b>	<b>17.9</b>	<b>271.3</b>	<b>22.5</b>	<b>80.9</b>

1) The modal differences in noise costs are directly related to the national noise exposure databases used and thus might be subject to different ways of noise exposure measurement.

2) Average climate change costs for the low scenario (for information only, values not used to calculate total costs)

3) Climate change costs of up- and downstream processes are calculated with the shadow value of the 'Climate Change High Scenario'

4) Total average costs calculated with the climate change high scenario.

5) Noise costs for freight trains might be under-estimated as the simplified traffic allocation procedure applied did allocate most freight trains to daytime traffic.

Quelle: INFRAS/IWW (2004), S. 12.



Tabelle F: Externe Grenzkosten je Start und Landung

Euro <sub>2000</sub> / Flugbewegung	Luftschadstoffe					Treibhauseffekt					Σ
	Direkte Emissionen		Indirekte Emissionen		Σ	Direkte Emissionen		Indirekte Emissionen		Σ	
	Start/Landung		Start/Landung		LTO	Start/Landung		Start/Landung		LTO	
A30062	41	16	22	14	92	53	33	5	3	94	186
A319	16	6	11	7	40	26	16	3	2	46	86
A320	22	6	12	6	46	30	15	3	1	49	95
A340	100	17	42	14	174	101	35	10	3	149	323
B737	23	8	12	7	50	29	17	3	2	51	100
B747200	194	52	58	25	329	140	61	14	6	220	549
B747400	124	29	59	26	238	142	62	14	6	224	462
B767300	54	16	26	14	110	63	33	6	3	106	216
EMB145	6	2	4	3	16	11	6	1	1	19	34
MD82	20	9	15	8	52	36	19	3	2	60	112

Quelle: Schmid (2005), S. 100.

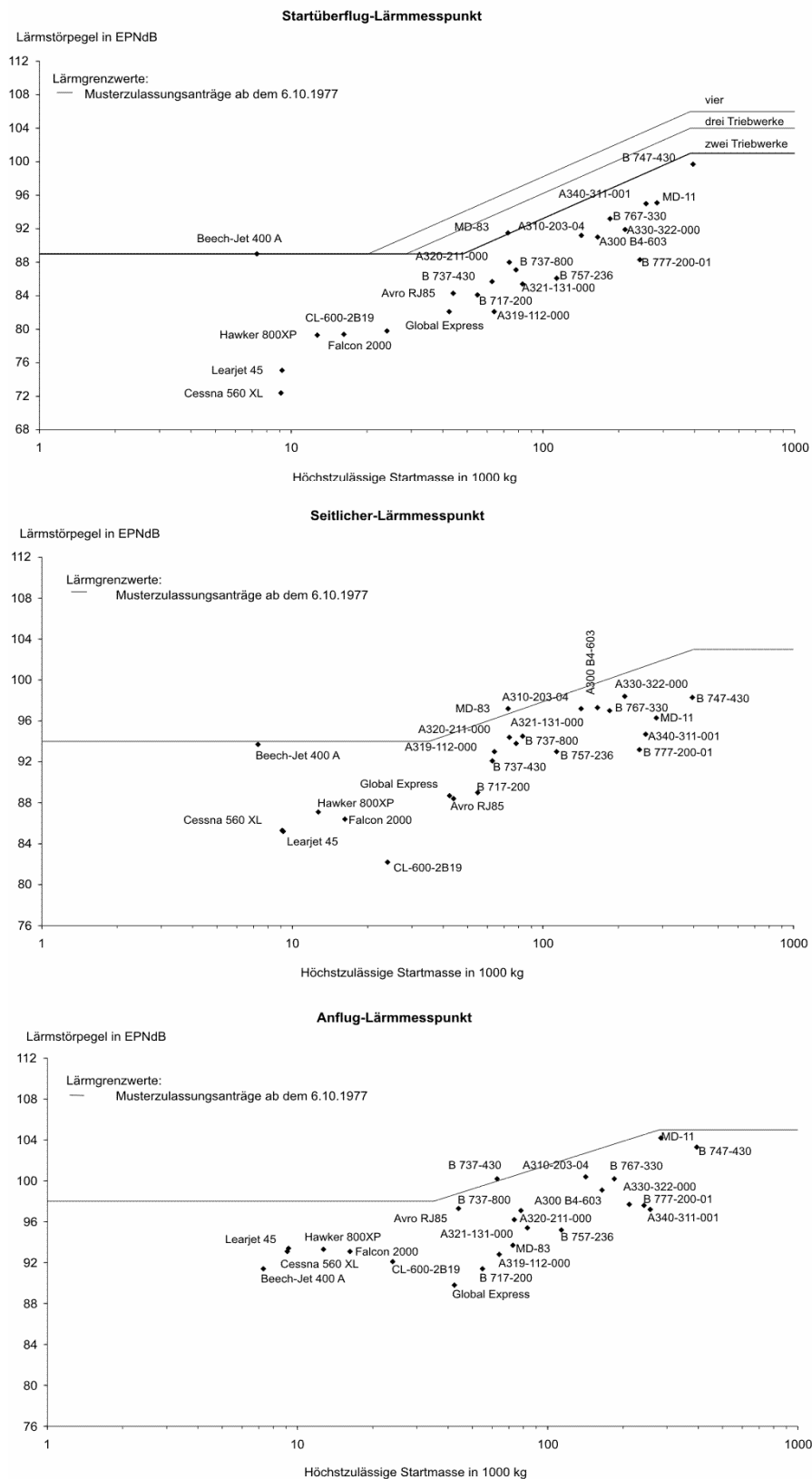
Tabelle G: Luftschadstoffemissionen verschiedener Flugzeugtypen<sup>1</sup>

Flugzeugtyp	UID											
			KV	CO	NOx	PM2.5	SO2	HC	CO2	BaP	Benzol	1,3 Butadiene
			kg	kg	g	g	g	g	kg	g	g	g
EMB145	4AL003	S	171	1,6	1,9	1	171	0,24	539	0,001	5	4
		L	100	0,9	0,6	0	100	0,15	316	0,000	3	3
A320	1CM008	S	472	3,5	7,6	49	472	0,32	1.487	0,002	6	6
		L	231	2,0	1,5	0	231	0,18	728	0,001	3	3
A340	1CM010	S	1.603	15,5	38,9	39	1.603	2,41	5.057	0,006	46	43
		L	553	7,8	4,3	1	553	1,23	1.744	0,002	23	22
B737800	3CM033	S	467	3,9	8,4	15	467	0,41	1.474	0,002	8	7
		L	264	2,2	2,2	4	264	0,21	832	0,001	4	4
A319	3IA006	S	415	3,0	5,8	13	415	0,03	1.308	0,002	1	1
		L	255	1,8	1,8	4	255	0,02	806	0,001	0	0
MD82	4PW069	S	563	3,9	6,4	7	563	0,92	1.776	0,002	18	17
		L	307	2,5	2,0	4	307	0,71	970	0,001	13	13
B747200	1PW020	S	2.212	63,9	54,9	61	2.212	27,74	6.978	0,008	527	499
		L	963	36,3	5,6	2	963	14,56	3.036	0,004	277	262
B747400	1PW042	S	2.255	12,4	48,4	84	2.255	1,05	7.112	0,008	20	19
		L	983	6,9	9,0	14	983	0,58	3.100	0,004	11	10
B767300	1PW043	S	1.003	8,0	20,7	35	1.003	0,69	3.165	0,004	13	12
		L	529	4,5	5,0	8	529	0,37	1.669	0,002	7	7
A30062	1PW048	S	841	8,2	15,0	27	841	0,71	2.651	0,003	13	13
		L	517	4,6	4,8	7	517	0,38	1.631	0,002	7	7

Quelle: Schmid (2005), S. 200.

<sup>1</sup> Die Angaben beziehen sich auf Luftschadstoffemissionen und Kraftstoffverbrauch (KV) verschiedener Flugzeugtypen bei Start (S) und Landung (L) am Frankfurt/Main Flughafen.

## Abbildung A: Geräuschemissionen verschiedener Flugzeuge



Quelle: Darstellung des UBA nach Daten des Luftfahrt-Bundesamtes, online im Internet: URL: <http://www.env-it.de/umweltdaten/public/document/downloadImage.do?ident=8346> [Stand: 08.09.2007].

**Diskussionspapiere aus dem Institut für Volkswirtschaftslehre  
der Technischen Universität Ilmenau**

- Nr. 15     *Kallfass, Hermann H.*: Vertikale Verträge und die europäische Wettbewerbspolitik, Oktober 1998. In veränderter Fassung erschienen als: „Vertikale Verträge in der Wettbewerbspolitik der EU“, in: Wirtschaft und Wettbewerb, 49. Jg., 1999, S. 225-244.
- Nr. 16     *Steinrücken, Torsten*: Wirtschaftspolitik für offene Kommunikationssysteme - Eine ökonomische Analyse am Beispiel des Internet, März 1999.
- Nr. 17     *Kallfass, Hermann H.*: Strukturwandel im staatlichen Einfluss, April 1999.
- Nr. 18     *Czygan, Marco*: Wohin kann Wettbewerb im Hörfunk führen? Industrieökonomische Analyse des Hörfunksystems der USA und Vergleich mit Deutschland, Dezember 1999.
- Nr. 19     *Kuchinke, Björn*: Sind vor- und vollstationäre Krankenhausleistungen Vertrauensgüter? Eine Analyse von Informationsasymmetrien und deren Bewältigung, September 2000.
- Nr. 20     *Steinrücken, Torsten*: Der Markt für „politische Zitronen“, Februar 2001.
- Nr. 21     *Kuchinke, Björn A.*: Fallpauschalen als zentrales Finanzierungselement für deutsche Krankenhäuser: Eine Beurteilung aus gesundheitsökonomischer Sicht, Februar 2001.
- Nr. 22     *Kallfass, Hermann H.*: Zahlungsunfähige Unternehmen mit irreversiblen Kosten, ihre Fortführungs- und Liquidationswerte, März 2001.
- Nr. 23     *Kallfass, Hermann H.*: Beihilfenkontrolle bei Restrukturierungen und Privatisierungen, April 2001.
- Nr. 24     *Bielig, Andreas*: Property Rights und juristischer Eigentumsbegriff. Leben Ökonomen und Juristen in unterschiedlichen Welten?, Juni 2001.
- Nr. 25     *Sichelstiel, Gerhard*: Theoretische Ansätze zur Erklärung von Ähnlichkeit und Unähnlichkeit in Partnerschaften, Juni 2001.
- Nr. 26     *Bielig, Andreas*: Der „Markt für Naturschutzdienstleistungen“. Vertragsnaturschutz auf dem Prüfstand, Juli 2001.
- Nr. 27     *Bielig, Andreas*: Netzeffekte und soziale Gruppenbildung, Januar 2002.
- Nr. 28     *Kuchinke, Björn A.; Schubert, Jens M.*: Europarechtswidrige Beihilfen für öffentliche Krankenhäuser in Deutschland, April 2002.

- Nr. 29 *Bielig, Andreas:* Messung von Nachhaltigkeit durch Nachhaltigkeitsindikatoren, Februar 2003.
- Nr. 30 *Steinrücken, Torsten:* Die Legitimation staatlicher Aktivität durch vertragstheoretische Argumente: Anmerkungen zur Kritik an der Theorie des Gesellschaftsvertrages, März 2003.
- Nr. 31 *Steinrücken, Torsten; Jaenichen, Sebastian:* Heterogene Standortqualitäten und Signalstrategien: Ansiedlungsprämien, Werbung und kommunale Leuchtturmpolitik, April 2003.
- Nr. 32 *Steinrücken, Torsten:* Funktioniert ‚fairer‘ Handel? Ökonomische Überlegungen zum alternativen Handel mit Kaffee, Juli 2003.
- Nr. 33 *Steinrücken, Torsten; Jaenichen, Sebastian:* Die Wiederentdeckung der Zweitwohnsitzsteuer durch die Kommunen - zu Wirkungen und Legitimation aus ökonomischer Sicht, September 2003.
- Nr. 34 *Rissiek, Jörg; Kressel, Joachim:* New Purchasing & Supply Chain Strategies in the Maintenance, Repair and Overhaul Industry for Commercial Aircraft, September 2003.
- Nr. 35 *Steinrücken, Torsten; Jaenichen, Sebastian:* Europäische Beihilfekontrolle und Public Utilities - Eine Analyse am Beispiel öffentlicher Vorleistungen für den Luftverkehr, Dezember 2003.
- Nr. 36 *Voigt, Eva; GET UP:* Gründungsbereitschaft und Gründungsqualifizierung - Ergebnisse der Studentenforschung an der TU Ilmenau, April 2004.
- Nr. 37 *Steinrücken, Torsten; Jaenichen, Sebastian:* Levelling the playing field durch staatliche Beihilfen bei differierender Unternehmensmobilität, Mai 2004.
- Nr. 38 *Steinrücken, Torsten; Jaenichen, Sebastian:* Sekundärwirkungen von Unternehmensansiedlungen - Eine Beurteilung staatlicher Aktivität beim Auftreten pareto-relevanter Nettoexternalitäten, Juni 2004.
- Nr. 39 *Kallfaß, Hermann H.:* Wettbewerb auf Märkten für Krankenhausdienstleistungen - eine kritische Bestandsaufnahme, Juni 2004.
- Nr. 40 *Engelmann, Sabine:* Internationale Transfers und wohlfahrtsminderndes Wachstum, September 2004.
- Nr. 41 *Steinrücken, Torsten; Jaenichen, Sebastian:* Zum Einfluss von Ausländern auf die Wirtschaftsleistung von Standorten - Ist Zuwanderung ein Weg aus der ostdeutschen Lethargie?, Oktober 2004.
- Nr. 42 *Steinrücken, Torsten; Jaenichen, Sebastian:* Wer ist wirklich reich? - Zu Problemen der Wohlfahrtsmessung durch das Bruttoinlandsprodukt, April 2005.

- Nr. 43 *Steinrücken, Torsten; Jaenichen, Sebastian:* Wo bleiben die Subventionssteuern? - Probleme des Beihilfenrechts und ein alternatives Regulierungskonzept, Mai 2005.
- Nr. 44 *Jaenichen, Sebastian; Steinrücken, Torsten; Schneider, Lutz:* Zu den ökonomischen Wirkungen gesetzlicher Feiertage - Eine Diskussion unter besonderer Berücksichtigung der Arbeitszeitpolitik, Juni 2005.
- Nr. 45 *Kuchinke, Björn A.:* Qualitätswettbewerb zwischen deutschen Akutkrankenhäusern unter besonderer Berücksichtigung von DRG und Budgets, Juni 2005.
- Nr. 46 *Kuchinke, Björn A.; Walterscheid, Heike:* Wo steht der Osten? Eine ökonomische Analyse anhand von Wohlfahrts- und Happinessindikatoren, Juni 2005.
- Nr. 47 *Kuchinke, Björn A.; Schubert, Jens M.:* Staatliche Zahlungen an Krankenhäuser: Eine juristische und ökonomische Einschätzung nach Altmark Trans und der Entscheidung der Kommission vom 13.7.2005, August 2005.
- Nr. 48 *Steinrücken, Torsten; Jaenichen, Sebastian:* Überkapazitäten zur Absicherung politischer Risiken und Instrumente finanzwirtschaftlicher Gegensteuerung, November 2005.
- Nr. 49 *Jaenichen, Sebastian; Steinrücken, Torsten:* Opel, Thüringen und das Kaspische Meer, Januar 2006.
- Nr. 50 *Kallfaß, Hermann H.:* Räumlicher Wettbewerb zwischen Allgemeinen Krankenhäusern, Februar 2006.
- Nr. 51 *Sickmann, Jörn:* Airport Slot Allocation, März 2006.
- Nr. 52 *Kallfaß, Hermann H.; Kuchinke, Björn A.:* Die räumliche Marktabgrenzung bei Zusammenschlüssen von Krankenhäusern in den USA und in Deutschland: Eine wettbewerbsökonomische Analyse, April 2006.
- Nr. 53 *Bamberger, Eva; Bielig, Andreas:* Mehr Beschäftigung mittels weniger Kündigungsschutz? Ökonomische Analyse der Vereinbarungen des Koalitionsvertrages vom 11. 11. 2005, Juni 2006.
- Nr. 54 *Jaenichen, Sebastian; Steinrücken, Torsten:* Zur Ökonomik von Steuergeschenken - Der Zeitverlauf als Erklärungsansatz für die effektive steuerliche Belastung, Dezember 2006.
- Nr. 55 *Jaenichen, Sebastian; Steinrücken, Torsten:* Wirkt eine Preisregulierung nur auf den Preis? Anmerkungen zu den Wirkungen einer Preisregulierung auf das Werbevolumen, Mai 2007.

- Nr. 56     *Kuchinke, B. A.; Sauerland, D.; Wübker, A.:* Determinanten der Wartezeit auf einen Behandlungstermin in deutschen Krankenhäusern - Ergebnisse einer Auswertung neuer Daten, Februar 2008.
- Nr. 57     *Wegehenkel, Lothar; Walterscheid, Heike:* Rechtsstruktur und Evolution von Wirtschaftssystemen - Pfadabhängigkeit in Richtung Zentralisierung?, Februar 2008.
- Nr. 58     *Steinrücken, Torsten; Jaenichen, Sebastian:* Regulierung und Wohlfahrt in einem Modell mit zwei Aktionsparametern, März 2008.